www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Digitized by www.freeservicemanuals.info 2023

JAARGANG 21, 1959, no. 5 blz. 121-160 Verschenen 28 augustus 1959

Philips Technisch Tijdschrift

BEHANDELEND TECHNISCHE VRAAGSTUKKEN
SAMENHANGENDE MET DE PRODUKTEN, WERKWIJZEN EN ONDERZOEKINGEN
VAN DE N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

CINEMAPROJECTIE MET FLITSENDE LICHTBRON

door P. HOEKSTRA en Ch. MEYER. 778.554.4:621.327.534.3

De huidige cinemaprojectoren zijn nog vrijwel alle uitgerust met een continu brandende lichtbron — meestal een koolboog —, waarvan het licht twee keer per beeldcyclus onderbroken wordt door een draaiend blad (de vlinder) om een stilstaand en flikkervrij beeld te krijgen. Dit artikel beschrijft een verlichtingssysteem met als lichtbron een superhogedrukkwiklamp, die met stroomimpulsen wordt gevoed en waarbij geen vlinder meer nodig is.

Reeds in 1938 bracht Philips een cinemaprojector op de markt met als lichtbron een gasontladingslamp, nl. een met water gekoelde superhogedrukkwiklamp [1]). De lamp werd gevoed met gelijkstroom en verbruikte 1000 watt (2 ampère, 500 volt). Deze lichtbron kwam in de plaats van de gebruikelijke koolboog. Beide typen lichtbronnen paren geringe afmetingen van het lichtgevende lichaam aan een hoge helderheid, een eigenschap die vereist is voor toepassing in filmprojectoren [2]). Ieder die wel eens een bioscoop bezoekt, heeft ervaren dat met de koolboog een bevredigende projectie kan worden bereikt. Dit neemt echter niet weg dat deze lichtbron ernstige bezwaren heeft. Zo vereist hij vrij veel aandacht van de filmoperateur [3]). De boog moet vóór het gebruik enige tijd inbranden en de koolelektrodes moeten lang genoeg worden gekozen om toe te reiken voor de duur van de film. De gloeiende gasbol in de krater van de positieve elektrode, die in hoofdzaak het licht uitzendt, vertoont nogal eens neiging zich te verplaatsen ten opzichte van de condensorspiegel. Grijpt de operateur niet in, dan merkt men dit aan een vermindering van de lichtstroom en aan een storende verkleuring. Verder is een afzuiginrichting voor de verbrandingsprodukten nodig en zelfs hiermee kan niet worden verhinderd dat deze produkten zich afzetten op ongewenste plaatsen. Ook verwarmt een koolboog de film in sterke mate, althans het beeldgedeelte hiervan; de zijbanen blijven koud. De film gaat daardoor bol staan. Dit wordt nog versterkt doordat in hoofdzaak de fotografische emulsie warmte opneemt; de transparante drager doet dit in veel mindere mate. Het bol staan werkt nadelig op de scherpte van het beeld — een bezwaar dat tegenwoordig meer gevoeld wordt dan vroeger. Ten eerste gebruikt men thans vrijwel algemeen films van onbrandbaar materiaal en dit gaat boller staan dan het vroeger gebruikte materiaal. Ten tweede is er een neiging lichtsterkere projectielenzen te gebruiken, die een geringere scherptediepte hebben. Bij een film die bol staat, is het dan al spoedig onmogelijk overal op het scherm gelijktijdig een scherp beeld te krijgen.

De superhogedrukkwiklamp heeft ten opzichte van de koolboog aanzienlijke voordelen. Hij vereist veel minder attentie van de operateur; de bediening kan zelfs zonder veel moeite in hoge mate geautomatiseerd worden. Vooral bij de huidige schaarste aan geschoold personeel is dit een aantrekkelijke eigenschap. Zo'n gasontladingslamp produceert geen vuil (er is geen afzuiginrichting nodig) en verwarmt de film minder dan een koolboog met dezelfde lichtstroom o.a. doordat de lamp veel minder infrarode straling produceert. Ook is het lamphuis veel kleiner dan dat voor een koolboog. Waterkoeling is noodzakelijk, maar dit is een complicatie waarvan het bezwaar door de genoemde voordelen ruim wordt gecompenseerd. Bij gebruik van koolbogen voor

[1]) Beschreven door G. Heller in Philips techn. T. 4, 2-9, 1939.
[2]) Zie b.v. Th. J. J. A. Manders, Gloeilampen voor filmprojectie, Philips techn. T. **8**, 72-81, 1946, en ook het in noot [1]) genoemde artikel.
[3]) Uitvoerig in: Mitchell's manual of practical projection, International Projectionist Publishing Co., New York 1956, blz. 112-117 en blz. 177-206.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

grote stromen is trouwens waterkoeling eveneens gebruikelijk, nl. van het filmvenster, en bij zeer grote stromen tevens van het positieve koolcontact.

Dat toch de kwiklamp de eerste veldslag tegen de koolboog verloor, kwam voornamelijk doordat toentertijd de lichtstroom van de kwiklamp aan de krappe kant was, de weergave van rode kleuren te kort schoot, en de betrouwbaarheid te wensen overliet. Het einde van de levensduur van een kwiklamp komt namelijk vrij plotseling en het ogenblik is niet met enige zekerheid te voorspellen. Men kan daardoor de lamp niet tijdig verwisselen, maar moet aanvaarden dat hij gedurende een voorstelling stuk zal gaan. Bij de projector van 1938 duurde het dan een tiental seconden voor de reservelamp in werking was. In hetgeen volgt, beschrijven we een nieuw verlichtingssysteem met een superhogedrukkwiklamp waarbij, met behoud van de goede eigenschappen, de bezwaren zijn overwonnen. Zelfs bezit de nieuwe uitvoering enige belangrijke voordelen extra, o.a. een rustiger beeld en een beter rendement. We geven tevens bijzonderheden over de lamp zelf. Het verlichtingssysteem is gecombineerd met een projector van nieuw ontwerp, die elders in deze aflevering wordt besproken [4]). In *fig. 1* ziet men de nieuwe projector, FP 20 S, die uitgerust is met het nieuwe verlichtingssysteem.

Fig. 1. De Philips cinemaprojector FP 20 S, die voorzien is van het nieuwe verlichtingssysteem met flitsende lichtbron dat het onderwerp vormt van dit artikel. De projector zelf wordt elders in deze aflevering besproken [4]).

Het verlichtingssysteem

Zoals vermeld, bevat het verlichtingssysteem een met water gekoelde superhogedrukkwiklamp als lichtbron. Deze gasontladingslamp bestaat uit een buisje van kwartsglas (lengte 8 cm, maximale diameter 5,6 mm) waarin een lijnvormige ontlading tussen de elektrodes (afstand 17 mm) wordt onderhouden. De hoeveelheid licht die het lampje levert, neemt toe met het opgenomen vermogen, en zelfs meer dan evenredig, doordat bij hogedrukkwiklampen het rendement stijgt met het vermogen dat per lengte-eenheid van de ontlading wordt toegevoerd [5]). Bij toenemende belasting verbetert tegelijk de kleurweergave, doordat in de uitgezonden straling het aandeel van het continuüm toeneemt ten opzichte van dat van het lijnenspectrum. Helaas neemt daarbij de levensduur af, in hoofdzaak doordat de temperatuur van de kwartsglazen wand hoger wordt. Dit stelde een grens aan de hoeveelheid en de kwaliteit van het licht dat de in 1938 uitgebrachte projector leverde.

Reeds in de tijd dat deze projector werd ontwikkeld, is getracht het probleem op te lossen door de lamp niet continu, maar intermitterend te belasten [6]). Bij filmprojectie is dit aantrekkelijk omdat toch twee keer per beeldcyclus een donkere periode op het scherm nodig is: één keer om de film door te kunnen trekken zonder dat dit op het scherm zichtbaar wordt, en nog een tweede keer om het aantal lichtimpulsen per seconde voldoende groot te maken om te voorkomen dat men het beeld ziet flikkeren [7]). De gedurende de onderscheppingen door de lamp verbruikte energie levert geen nuttig licht. Belast men

[4]) Zie het volgende artikel in deze aflevering: J. J. Kotte, Een cinemaprojector van vereenvoudigde constructie, Philips techn. T. **21**, 131-135, 1959 (no. 5).

[5]) Zie b.v. W. Elenbaas, De hogedrukkwiklamp 50 jaar, Philips techn. T. **18**, 135-141, 1956.

[6]) Deze mogelijkheid is reeds genoemd in het artikel: E. G. Dorgelo, Watergekoelde kwiklampen, Philips techn. T. **2**, 165-172, 1937, speciaal blz. 171.

[7]) Zie voor een uitvoerige discussie van dit verschijnsel b.v. J. Haantjes en F. W. de Vrijer, Het flikkeren van televisiebeelden, Philips techn. T. **13**, 7-12, 1951.

Digitized by www.freeservicemanuals.info 2023

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

de lamp slechts wanneer het geproduceerde licht nuttig wordt gebruikt, dan kan men de momentele belasting opvoeren en toch de gemiddelde belasting gelijk houden. Men krijgt dan meer nuttig licht, waarvan bovendien de spectrale samenstelling voor kleurweergave gunstiger is. De lichtsterkte van een kwiklamp volgt stroomveranderingen vrijwel zonder traagheid. Bij voeding met stroomimpulsen gaat de lamp dus aan en uit; hij flitst periodiek. Het draaiende blad — „vlinder" genoemd — dat bij de normaal gebruikte, continu brandende, koolbogen of andere lampen het licht twee keer per beeldcyclus onderschept, kan dus vervallen.

De proeven met een flitsende lamp waren aanvankelijk teleurstellend. Het bleek dat de levensduur van de lamp snel afnam als de momentele belasting werd opgevoerd, ook al werd de gemiddelde belasting gelijkgehouden. Pas na veel ontwikkelingswerk aan de flitslamp, en een zorgvuldige aanpassing van de impulsgenerator bij de lamp, is een acceptabele levensduur bereikt bij een momentele belasting die hoog genoeg is om een goede kleurweergave te garanderen. Voor de definitieve uitvoering moest een compromis worden aangegaan tussen de levensduur enerzijds en de hoeveelheid licht (bepaald door de *gemiddelde* belasting) en de kleurweergave (bepaald door de piekhoogte van de stroomimpulsen) anderzijds. De keuze is gevallen op 800 watt gemiddelde belasting bij stroomimpulsen met een piekhoogte van ca. 15 ampère. De gemiddelde levensduur bedraagt dan 33 uur. Er wordt op het scherm een lichtstroom geleverd die gelijk is aan die van een 60-ampère-koolboog en die derhalve voldoende is voor de meeste theaters, terwijl de kleurweergave goed is. De lamp heeft de typeaanduiding SPP 800 W gekregen.

Verhoging van de projectiefrequentie

Als bijzonder voordeel is reeds genoemd het rustige beeld. Dit wordt verkregen doordat de lichtbron drie keer per beeldcyclus flitst (*fig. 2*). De projectiefrequentie bedraagt dus 72 per sec in plaats van de gebruikelijke 48 per sec. De gevoeligheid van het oog voor flikker neemt toe met de helderheid van het beeld, en bovendien is de periferie van het netvlies er gevoeliger voor dan het centrale gedeelte. De rust van het beeld van de nieuwe projector valt dan ook speciaal op bij heldere projectie van brede beelden zoals bij „CinemaScope".

De verhoogde projectiefrequentie van 72 per sec is in principe ook bij een continu brandende lichtbron te realiseren door een driebladige vlinder te gebruiken. Dit zou echter leiden tot een onaanvaardbaar lichtverlies. Bij een filmtransportmechanisme met een normaal vierdelig Maltezer kruis 8, — zoals meestal wordt gebruikt — zou dan namelijk de vlinder niet meer 50%, maar 75% van het geproduceerde licht onderscheppen (zie *fig. 3*).

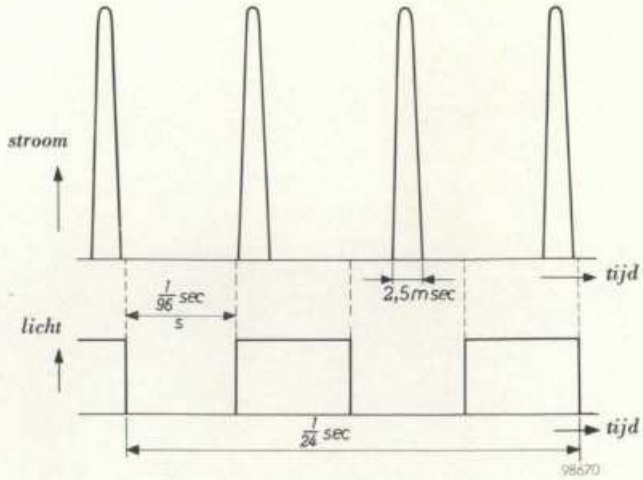


Fig. 2. Verdeling over een beeldcyclus ($^1/_{24}$ sec) van de drie stroomimpulsen door de hogedrukkwiklamp SPP 800 W (boven), en verdeling van lichte periodes over een beeldcyclus bij een normaal projectiesysteem met vlinder. In het deel van een beeldcyclus dat met *s* is aangeduid, vindt het filmtransport plaats.

Lamphouder en lamprevolver

Fig. 4 toont een uit elkaar genomen lamphouder met een lamp SPP 800 W bevindt. Bij montage komen de onderdelen automatisch op de juiste plaats. Het glaasje vóór de lamp is een filter, dat de ultraviolette straling absorbeert. Dit filter bevindt zich

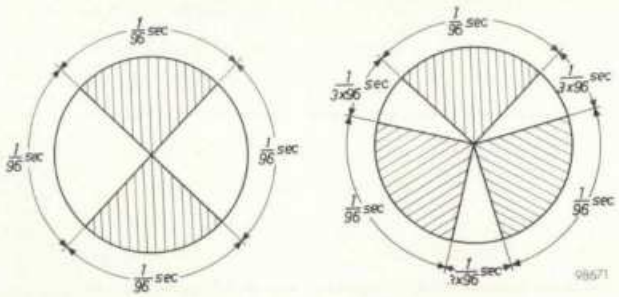


Fig. 3. Het theoretische lichtverlies door een vlinder die per beeldcyclus één keer ronddraait, is gelijk aan het gedeelte van 360° dat door de bladen gezamenlijk wordt bestreken. Omdat de grondfrequentie van de verlichtingscyclus in hoofdzaak de hinderlijkheid van het flikkeren bepaalt, moeten deze bladen onderling gelijk zijn; anders zou de grondfrequentie van de verlichtingscyclus immers gelijk zijn aan de beeldfrequentie (24 per sec). Voor het filmtransport gebruikt men vrijwel steeds een normaal vierdelig Maltezer kruis [8]). Voor het doortrekken van de film is dan $^1/_4$ beeldperiode nodig. Ieder vlinderblad moet dus 90° bestrijken. Bij een tweebladige vlinder (links) bedraagt het theoretische lichtverlies dus 50%; bij een driebladige (rechts) 75%.

[8]) Zie voor een beschrijving van het Maltezer kruis: J. J. Kotte, Een professionele cinemaprojector voor 16-mm-film, Philips techn. T. **16**, 17-30, 1954, speciaal fig. 7.

Digitized by www.freeservicemanuals.info 2023

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

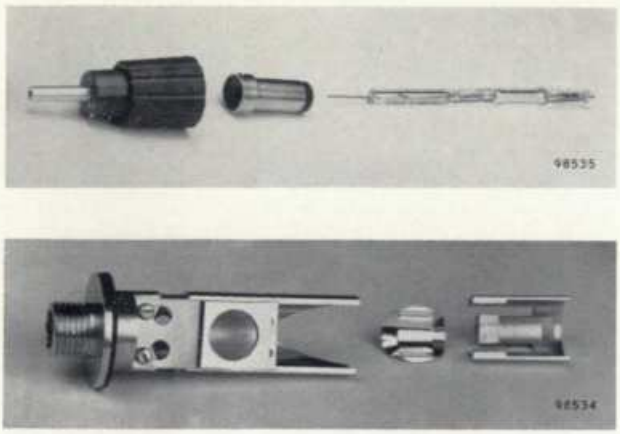


Fig. 4. Een uit elkaar genomen lamphouder. Men ziet boven van links naar rechts: de contactdop van isolatiemateriaal, waarin een zilveren contactpen is bevestigd, het centreerbusje (tevens afdichting voor het koelwater), en de lamp. Onder de houder met ultravioletabsorberend filter, de spiegel, en de spiegelhouder. Een lamphouder die in elkaar is gezet, is afgebeeld in fig. 5.

in het koelwater dat langs de lamp stroomt; dit voert dus tevens de in het filter geproduceerde warmte af. De lamp zendt weinig infrarode straling uit, en daarvan wordt nog het grootste deel door het koelwater geabsorbeerd. Daardoor is de verwarming van film en filmbaan gering.

In *fig. 5* ziet men hoe twee lamphouders ondergebracht worden in een zg. lamprevolver. In de onderste houder, die op de foto uit de revolver is genomen, bevindt zich de lamp die normaal in gebruik is, terwijl de bovenste een reservelamp bevat. Zodra de lamp in de onderste houder defect raakt, neemt de bovenste automatisch zijn plaats in doordat de lamprevolver onder invloed van zijn eigen gewicht om een horizontale as kan draaien. De onderste lamp wordt namelijk in de werkstand gehouden door een pal, die weggetrokken wordt als de lampstroom wegvalt. Het koelwater stroomt toe door de as waar de lamprevolver om draait, en bereikt de lamphouder die zich in de werkstand bevindt via corresponderende gaten in as en lamprevolver. Het koelwater wordt dus automatisch op de reservelamp aangesloten zodra op deze een beroep wordt gedaan. Hetzelfde geldt voor de stroomtoevoer. Het invallen van de reservelamp geschiedt zo snel dat de toeschouwers in de zaal het niet merken. De operateur merkt het echter wel. De lamprevolver is nl. aan de voorzijde voorzien van een groene en een rode doorschijnende sector. Als de projector normaal werkt, is de groene sector zichtbaar; treedt de reservelamp in werking, dan verschijnt de rode sector als waarschuwing voor de operateur. Deze kan nu de onderste lamphouder uit het lamphuis schroeven en de lamp vervangen terwijl de projector in werking blijft. Daarna kan hij op een geschikt moment — b.v. bij een scènewisseling — met de hand de lamprevolver in de normale stand terugwippen. Van iedere lamp benut men aldus de volle levensduur.

Uit het bovenstaande blijkt dat het, wat de lamp betreft, mogelijk is filmrollen van onbeperkte lengte te gebruiken. Dit voordeel zal in de toekomst waarschijnlijk nog aan belang winnen. In verband met het brandgevaar waren vroeger de filmspoelen en trommels berekend op filmrollen van ten hoogste 600 m. Nu brandbare films minder gangbaar worden, en deze films in vele landen reeds zijn verboden, is het te verwachten dat het gebruik van langere filmrollen (tot 1800 m) zal toenemen.

Bij het inbrengen in de lamprevolver van een lamphouder met lamp, schuift het vrije uiteinde van de lamp (zie de lamphouder met lamp op de voorgrond in fig. 5) in een ringsproeier, die zich in de lamprevolver bevindt. De vrije aansluitdraad drukt dan tegen een verend contact, dat tevens dienst doet als ventiel om de watertoevoer naar de ringsproeier afgesloten te houden zolang geen lamp

Fig. 5. Lamprevolver met twee lamphouders. De onderste lamphouder, die uit het lamphuis is genomen, bevat de lamp die normaal in gebruik is; de bovenste lamphouder bevat een reservelamp. De vensters vóór de lampen doen tevens dienst als eerste condensorlenzen. De revolver is aan de voorzijde voorzien van een rode en groene sector, die de operateur met één oogopslag doen zien welke lamp in werking is.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Digitized by www.freeservicemanuals.info 2023

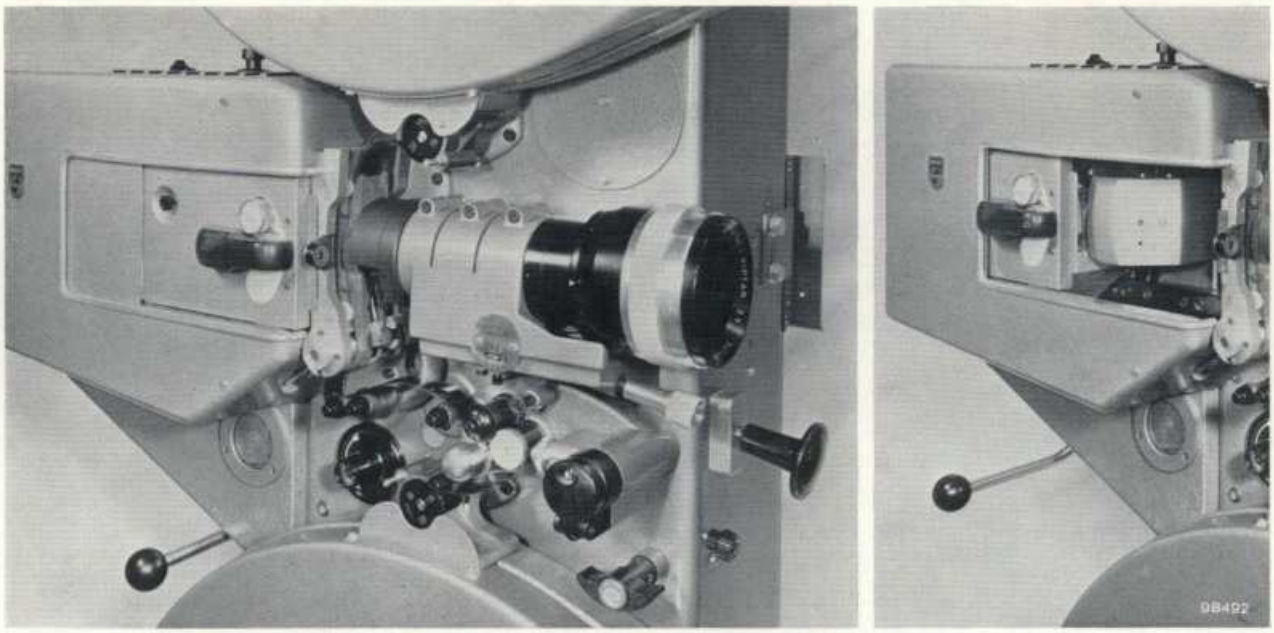


Fig. 6. Het verlichtingssysteem met flitsende lichtbron, gemonteerd op een filmprojector. Boven de contactbrug van zwart isolatiemateriaal, waarin zich het positieve contact bevindt, ziet men de dop waarmee de lamphouder met de reservelamp in de lamprevolver wordt opgesloten. De foto links toont de situatie bij projectie van films. Met behulp van de hefboom links onder kan men het lamphuis achteruit schuiven. Dan doet dezelfde lamp dienst voor de projectie van lantaarnplaatjes (foto rechts).

is gemonteerd. De andere aansluitdraad van de lamp is opgesloten in de contactpen van de lamphouder. Als de lamphouder zich in de werkstand bevindt, rust deze pen tegen een contact dat is opgenomen in een contactbrug. De contactbrug maakt deel uit van het lamphuis waarin de lamprevolver wordt opgenomen (*fig. 6*).

De optiek

Het optische systeem is geschetst in *fig. 7*. Gezien vanuit de lichtbron, bevinden zich film en filmmasker vlak achter de condensorlenzen. Daardoor is de nuttige diameter van de condensor slechts weinig groter dan de diagonaal van een filmbeeldje (26 mm bij normale films); de condensor kan derhalve klein zijn. De lichtbron moet daarom dicht bij de condensor staan opdat deze laatste een voldoend deel van de geleverde lichtstroom vangt. Men komt dus tot een zeer compacte opstelling. Dat deze opstelling praktisch uitvoerbaar is, is in de eerste plaats te danken aan de geringe afmetingen van de lamp en in de tweede plaats aan de eenvoudige manier waarop de ultraviolette en de infrarode straling kan worden opgevangen en onschadelijk gemaakt. Deze straling zou anders voor een groot deel door de condensor worden geabsorbeerd en deze beschadigen. Juist doordat hij zo klein is, wordt de condensor toch al sterk verhit door de grote zichtbare lichtstroom, waarvan hij een (geringe) fractie absorbeert [9]).

De condensor bestaat uit twee lenzen, waarvan de eerste tevens dient als waterdicht venster voor het lamphuis. Achter de lichtbron bevindt zich een cilindrisch spiegeltje van aluminiumplaat (0,3 mm dik). Daar dit spiegeltje meer dan 60% van het geprojecteerde licht levert, is het van veel belang

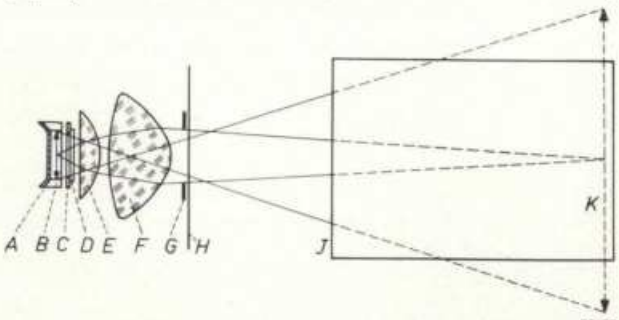


Fig. 7. Het optische systeem. *A* spiegel, *B* lijnvormige lichtbron, *C* diafragma, *D* ultravioletabsorberend filter, *E* eerste condensorlens, *F* tweede condensorlens, *G* filmmasker, *H* film, *I* projectieobjectief, *K* beeld dat de condensor maakt van de lichtbron.

[9]) Bij de gebruikelijke lichtbronnen past men voor filmprojectie een ander, minder compact systeem toe. De twee systemen zijn vergeleken in het in noot [1]) aangehaalde artikel en — recenter — nog eens in: P. M. van Alphen en M. Bierman, Een spiegelcondensorlamp voor 8-mm-projectie, Philips techn. T. **19**, 240-242, 1957.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

dat zijn reflexievermogen niet vermindert. Daarom wordt bij ieder nieuw lampje een nieuw spiegeltje geleverd.

Een opstelling voor projectie als in fig. 7 wordt altijd zo uitgevoerd dat de condensor ongeveer ter plaatse van het projectieobjectief een beeld vormt van de lichtbron. Niet de beeldvorming zelf is belangrijk (het beeld is meestal onscherp), maar het feit dat een lichtbundel die uitgaat van een willekeurig punt van de lichtbron, een geringe doorsnede heeft ter plaatse van het objectief. Daardoor wordt namelijk in het algemeen zulk een bundel door het objectief doorgelaten mits dit voor de centrale straal van de bundel (de straal door het optische middelpunt van de condensor) het geval is. Het optische middelpunt van de condensor valt vrijwel in de film, en dus tevens vrijwel in het brandpunt van het objectief (het scherm staat ver weg). Daardoor bepaalt de relatieve opening van het objectief welke punten van de lichtbron hun lichtbundels nog door het objectief sturen. Bij de flitsende projector maken de centrale stralen die uitgaan van de uiteinden van de ontlading, zulke grote hoeken met de as dat het objectief op zijn minst een relatieve opening 1 : 1,4 zou moeten hebben om deze stralen te laten passeren. Een normale waarde voor de relatieve opening van een projectieobjectief is 1 : 2. Bij gebruik van zo'n objectief dragen dus de uiteinden van de lichtbron niet bij tot de lichtstroom op het scherm. De opstelling is aldus gekozen om te voorkomen dat de op het scherm vallende lichtstroom geleidelijk zou afnemen bij ouder worden van de lamp. In de lamp treedt namelijk een vertroebeling op van de kwartsglazen wand (rekristallisatie of ontglazing) die begint bij de uiteinden van de ontlading.

Om onnodige verhitting van condensor en filmvenster te voorkomen, wordt tussen lamp en condensor een diafragma aangebracht dat aangepast is bij het gebruikte objectief en dat het niet-gebruikte licht onderschept. Dit diafragma doet tevens dienst als houder voor het ultravioletabsorberende filter; het is zichtbaar in fig. 4.

Projectie van lantaarnplaatjes

Hetzelfde verlichtingssysteem doet dienst bij de projectie van lantaarnplaatjes. De plaatjeshouder bevindt zich aan de andere zijde van de projector. Om het licht ernaar toe te kunnen leiden, is het lamphuis tussen rails gemonteerd. Met behulp van een hefboom (zie fig. 6) schuift men het lamphuis naar achteren. Een vlakke spiegel springt dan onder 45° in de stralengang (fig. 6, rechts). Bij terugschakelen op filmprojectie klapt deze spiegel weer omhoog. Via

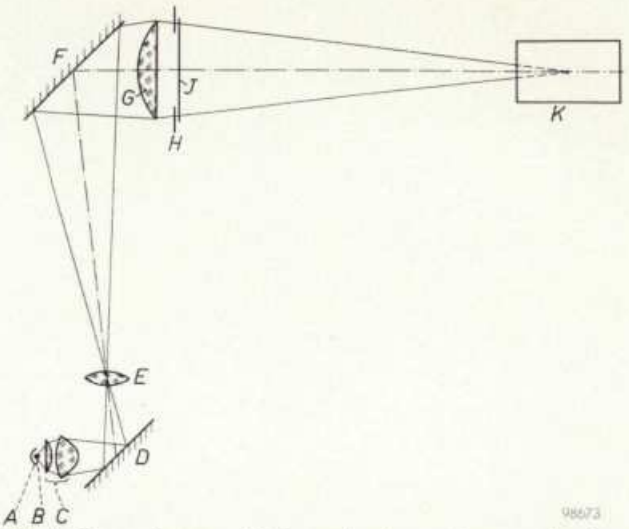


Fig. 8. De stralengang bij de projectie van lantaarnplaatjes. *A* spiegel, *B* lichtbron, *C* condensor, *D* vlakke spiegel, *E* lens, *F* vlakke spiegel, *G* lens, *H* masker, *J* lantaarnplaatje, *K* projectieobjectief voor lantaarnplaatjes.

de lens *E* (*fig. 8*), een tweede 45°-spiegel *F*, en de lens *G*, bereikt het licht het lantaarnplaatje en komt vervolgens in het projectieobjectief voor lantaarnplaatjes. In *fig. 9* staat het lamphuis in een tussenstand, waarbij de spiegel nog niet naar beneden is gekomen.

Ook bij projectie van lantaarnplaatjes wordt de lamp met impulsen gevoed. Dit wordt gedaan om te profiteren van de betere kleurweergave die het gevolg is van impulsvoeding.

Lichtstroom en rendement; lichtverdeling

Bij een filmvenster voor normale films, maar zonder film, en gebruik van een projectieobjectief van het type Petzval met relatieve opening 1 : 2 en een lampvermogen van 800 watt, levert het ver-

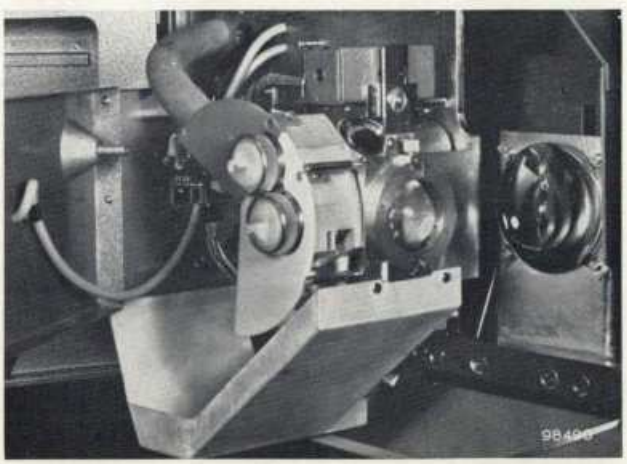


Fig. 9. Het geopende lamphuis in een stand tussen die voor projectie van film en die voor projectie van lantaarnplaatjes. De 45°-spiegel is nog niet in de stralengang gekomen. Onderaan ziet men een opvangbak voor eventueel lekwater. Het koelwater wordt toegevoerd door de dikke slang boven.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Digitized by www.freeservicemanuals.info 2023

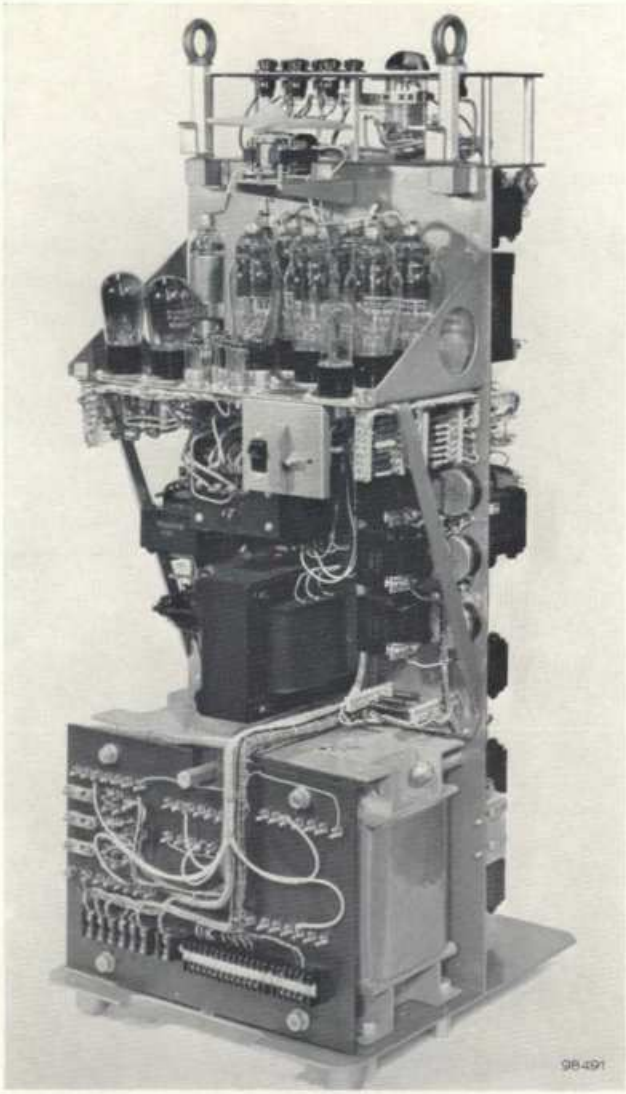


Fig. 10. Voedingsapparaat voor het verlichtingssysteem met flitsende lichtbron met afgenomen kap.

lichtingssysteem met flitsende lichtbron op het scherm een lichtstroom van 4800 lumen. Bij een objectief van hetzelfde type, maar met de relatieve opening 1 : 1,6, bedraagt de schermlichtstroom zelfs 6000 lumen [10]). Het rendement is in deze twee gevallen dus resp. 6 en 7,5 lumen/watt. De eerder genoemde projector van 1938 leverde bij een objectief met relatieve opening 1 : 2 en bij draaiende vlinder 2900 lumen [11]). De lamp verbruikte 1000 watt, het rendement was dus 2,9 lumen/watt. Het ruim twee keer zo hoge rendement van het flitsende verlichtingssysteem is natuurlijk in hoofdzaak daaraan te danken dat slechts licht wordt geproduceerd als het nuttig wordt gebruikt. Voor koolbogen van 45 en 60 ampère is de lichtstroom op het scherm resp. 3500 en 5500 lumen. Het rendement van een koolboog is ongeveer 2,5 lumen/watt.

Zoals gebruikelijk in de projectietechniek, zijn de genoemde lichtstromen gebaseerd op metingen van de verlichtingssterkte in het midden van het scherm. Daar de verlichtingssterkte altijd afneemt van het midden naar de randen, zijn de werkelijke lichtstromen kleiner. Bij de flitsende lamp bedraagt deze afneming maximaal 10% in horizontale, en 15 tot 20% in verticale richting. (Dat de afneming in horizontale richting het kleinst is, komt door de langgerekte vorm van de horizontaal opgestelde lamp.) Dit is aanzienlijk minder dan bij de koolboog, waar —bij de opgegeven waarden voor de lichtstromen— de afneming 25% bedraagt in horizontale, en ca. 20% in verticale richting [12]). Bij dezelfde opgegeven waarde van de lichtstroom is dus bij het nieuwe verlichtingssysteem de ware lichtstroom groter dan bij een koolboog.

Voedingsapparaat

Het voedingsapparaat, dat de stroomimpulsen aan de lamp levert, is afgebeeld in *fig. 10*. In het principeschema (*fig. 11*) is *A* een zesfazige gelijkrichter, die de condensator *C* laadt tot boven de brandspanning van de lamp. Op de tijdstippen dat de lamp moet flitsen, wordt aan het rooster van het thyratron *T* een spanningsimpuls toegevoerd, die dit thyratron geleidend maakt. *C* ontlaadt zich dan door de lamp. In de lampketen is nog de zelfinductie *L* opgenomen, die ervoor zorgt dat in deze keten een gedempte trilling wil ontstaan. Op het ogenblik dat de stroom van richting wil omkeren, wordt echter het thyratron niet-geleidend, en de lamp dooft. De gelijkrichter laadt de condensator, en bij een volgende spanningsimpuls op het rooster van *T* flitst de lamp opnieuw. De lamp wordt tevens gevoed door de „ruststroom"-gelijkrichter *B*. Deze zorgt ervoor dat er in de periode tussen de flitsen een kleine stroom door de lamp blijft vloeien. Daardoor blijft het gas in de lamp voldoende geïoniseerd om deze bij de volgende flits vlot te doen oplichten. (Als de lamp koud is, is de gasdruk — en daarmee de ontsteekspanning — laag; daardoor levert het inschakelen van de lamp, waarbij nog geen

[10]) Projectieobjectieven van het type Petzval bestaan uit vier lenzen. Objectieven met relatieve opening 1 : 1,6 zijn meestal gecompliceerder en bevatten zes of zeven lenzen; de lichtwinst door de grotere relatieve opening gaat dan gedeeltelijk weer verloren door grotere verliezen in het objectief.

[11]) In het in noot [1]) genoemde artikel is opgegeven 2500 lumen. Dit gold voor een objectief dat niet was voorzien van de thans algemeen gebruikelijke reflexie-arme lenzen.

[12]) Men kan bij een koolboog de afneming naar de rand wel verminderen, maar dit gaat dan ten koste van de verlichtingssterkte in het midden van het scherm. Enige afneming is wenselijk, daar anders door contrastwerking de randen helderder zouden schijnen dan het midden.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

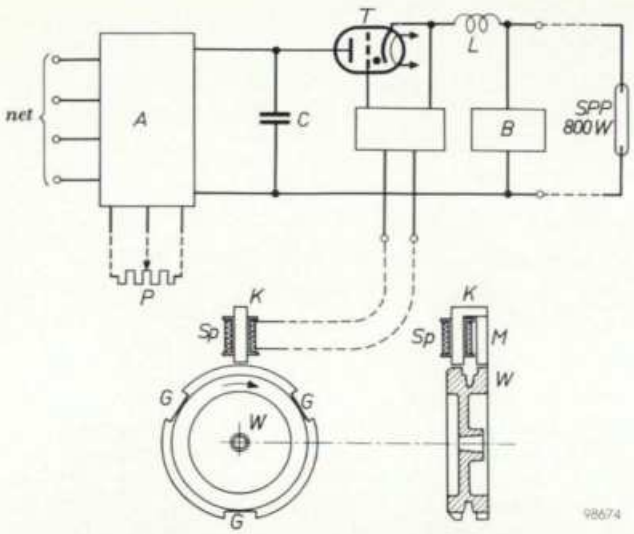


Fig. 11. Principeschema van het voedingsapparaat voor de superhogedrukkwiklamp voor pulserende werking SPP 800 W. *A* zesfazige gelijkrichter met thyratrons. De spanning is regelbaar met de potentiometer *P*. *C* condensator die de stroomimpulsen levert. *T* thyratron aan welks rooster de synchronisatie-impulsen worden toegevoerd die worden opgewekt in het spoeltje *Sp*. Dit spoeltje bevindt zich in de projector op de weekijzeren kern *K*. *M* permanente magneet. *W* vliegwiel van het Maltezer kruis. De gleuven *G* in *W* veroorzaken in *Sp* drie spanningsstoten per omwenteling van *W*. *L* zelfinductie die de condensatorontlading het karakter van een gedempte trilling geeft, en die mede de flitsduur bepaalt. *B* ruststroomgelijkrichter; deze zorgt ervoor dat ook tussen de flitsperiodes in een kleine stroom door de lamp blijft vloeien.

ruststroom vloeit, geen moeilijkheden.) De ruststroom is zo gering dat hij geen noemenswaardig licht opwekt.

De flitsduur hangt af van de trillingstijd der opgewekte trilling, en men kan deze duur dus regelen door *L* en (of) *C* te variëren.

Gelijkrichter *A* werkt met zes thyratrons. Door middel van een regelbare spanning op de roosters van deze thyratrons kan men de spanning die de gelijkrichter levert, en waartoe *C* wordt geladen, instellen. Zo heeft men de hoogte der stroompieken in de hand. Deze regeling geschiedt met behulp van de potentiometer *P* (fig.11), die men op de projector, maar ook elders, b.v. in de zaal, kan plaatsen. Flitsduur en piekstroom bepalen samen de energie per flits en — bij een gegeven aantal flitsen per sec — tevens de gemiddelde belasting van de lamp. Als deze belasting varieert van 600 tot 800 watt, varieert het vermogen dat het voedingsapparaat uit het net opneemt, van 1,3 tot 1,6 kW. Een vergelijkbare koolboog-installatie neemt ca. 3 kW uit het net op.

Synchronisatie en beveiliging

De drie lichtflitsen per beeldje moeten natuurlijk buiten de doortrekperiode vallen. De synchronisatie-impulsen voor het rooster van het thyratron *T* worden daarom afgeleid van het vliegwiel van het Maltezer kruis in de projector. Dit stalen vliegwiel, waarin drie gleuven *G* zijn gefreesd (fig. 11), maakt deel uit van een magnetisch circuit, dat verder bestaat uit de permanente magneet *M* en de weekijzeren kern *K* waarop zich de spoel *Sp* bevindt. Iedere keer dat een der gleuven de magneet passeert, wordt de magnetische flux sterk verzwakt. De spanningsstoot die dan optreedt in de spoel *Sp*, wordt toegevoerd aan het rooster van *T*. Door de magneet met kern en spoel te verdraaien ten opzichte van het vliegwiel, kan men gemakkelijk de flitsmomenten instellen. Dit kan gebeuren terwijl de projector werkt.

Er zijn voorzieningen getroffen om te voorkomen dat de lamp bij een storing rechtstreeks op de gelijkrichter continu zou gaan branden, en ook om te voorkomen dat hij op de ruststroomgelijkrichter alleen zou gaan branden.

Schakelt men over op de projectie van lantaarnplaatjes, waarbij de projector stilstaat, dan worden de synchronisatie-impulsen voor het thyratron *T* rechtstreeks van het net afgeleid. Er worden dan impulsen geleverd met de dubbele netfrequentie. Bij een netfrequentie van 50 Hz zijn dit er dus 100 in plaats van 72 per sec zoals bij filmprojectie. Om de lamp niet te zwaar te belasten, wordt dan automatisch tegelijkertijd de condensatorspanning zover verminderd dat de gemiddelde belasting gelijk blijft.

Automatisering van het overnemen

Films bestaan dikwijls uit twee of meer rollen. Daarom zijn in de bioscopen meestal twee projectoren geïnstalleerd. Is een rol afgedraaid, dan wordt zonder onderbreking overgeschakeld op de volgende rol, die daartoe reeds op de andere projector is ingelegd. Een correct „overnemen" vereist oplettendheid van de operateur. Bij een projector die is uitgerust met het nieuwe verlichtingssysteem kan het overnemen gemakkelijk automatisch geschieden. Hiertoe is een overneemautomaat geconstrueerd. Deze bestaat uit een grondplaat, waarop enige microschakelaars zijn gemonteerd, die bediend worden door nokkenschijven met een gemeenschappelijke as. Deze as kan door een motortje worden aangedreven. Als een filmrol zijn einde nadert, verschijnt op het projectiedoek in de rechterbovenhoek een waarschuwingsteken voor de operateur om de motor van de „aanlopende" projector te starten. Als men het overnemen automatiseert, plakt men ter hoogte van het motorstartteken, op de film een contactstrookje tussen de kant en de perforaties. Dit contactstrookje bedient een relais

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Digitized by www.freeservicemanuals.info 2023

waardoor op het juiste moment de aanlopende projector gaat draaien, terwijl tegelijkertijd het motortje van de automaat wordt ingeschakeld. De nokkenschijven beginnen dus te draaien, waardoor: 1) na 8 sec beeld en geluid worden overgeschakeld; 2) enige seconden later de „aflopende" projector wordt gestopt; en 3) het aandrijfmotortje van de nokkenschijven wordt uitgeschakeld. Dan staat de overneemautomaat weer gereed voor een volgende overneemcyclus. De automaat ontlast de operateur van een aantal routinehandelingen.

De lamp

De gelijkstroomlamp SP 1000 W van de oude projector is niet het rechtstreekse uitgangspunt geweest voor de ontwikkeling van de SPP 800 W voor het nieuwe verlichtingssysteem. De SP 1000 W is een zg. overmaatlamp, d.w.z. dat de lamp zoveel kwik bevat dat — ook in de brandende lamp — slechts een zeer geringe fractie ervan in dampvorm aanwezig is. Deze lamp vertoont een aantal bezwaren die zich bij de toepassing voor cinemaprojectie voelbaar maken en die wij straks zullen noemen [13]). Daarom werd een begin gemaakt met de ontwikkeling van een zg. gedoseerde lamp, dat is een lamp die zo weinig kwik bevat dat dit vrijwel geheel is verdampt als de lamp brandt (*fig. 12*). Deze ontwikkeling is naderhand omgebogen in de richting van een gedoseerde lamp voor pulserende werking.

Er waren in hoofdzaak twee bezwaren tegen de overmaatlamp. Alvorens de lamp te ontsteken, is het wenselijk door schudden en tikken het kwik ongeveer gelijk te verdelen om de beide elektrodes, die een eind in de ontladingsruimte steken. Vooral bij een lamp die reeds vele uren heeft gebrand, kost het wel eens moeite. Verder brandt de lamp soms onrustig doordat de boogspanning plotseling aanzienlijk kan oplopen, en even plotseling weer terugvallen. Dit verschijnsel hangt waarschijnlijk samen met veranderingen in de stand van kwikoppervlakken.

De gedoseerde lamp

Men kan geen gedoseerde lamp maken door eenvoudig een lamp van het overmaattype te voorzien van een gedoseerde hoeveelheid kwik.

De elektrodes zouden dan te ver in de ontladingsruimte uitsteken. De afstand tussen de punt van een elektrode — waar de boog aangrijpt en de warmte wordt geproduceerd — en de insmelting wordt zo groot dat de temperatuur bij deze insmelting niet hoog genoeg oploopt om de vereiste hoge druk van de kwikdamp te waarborgen. Om een gedoseerde lamp te krijgen waarin de kwikdampspanning even hoog oploopt als in een overmaatlamp, zal men een glaswand moeten hebben ongeveer op de plaats waar zich eerst het kwikoppervlak bevond. Dit levert echter een probleem op. Bij de overmaatlamp bestaan de elektrodes uit wolfraamdraden. Daar men deze niet rechtstreeks in kwartsglas kan insmelten, zijn de draden ingesmolten in een tussenglas, dat op zijn beurt weer aan het kwartsglas is gesmolten. Bij zo'n insmelting met tussenglas kan men de ruimten achter de uiteinden der elektrodes niet klein genoeg maken, en bovendien zou het tussenglas de vereiste hoge temperatuur niet kunnen verdragen. Daarom is overgegaan op een insmelting met een molybdeniumbandje, waarbij uitsluitend kwartsglas wordt gebruikt. Zeer dunne molybdeniumbandjes kunnen wel in kwarts worden ingesmolten [14]). We gebruiken molybdeniumbandjes van 10 tot 12 μ dik. Aan het ene uiteinde van zo'n bandje is de toevoerdraad gelast, aan het andere uiteinde de elektrodedraad van wolfraam (fig. 12). Op deze elektrodedraad bevindt zich een

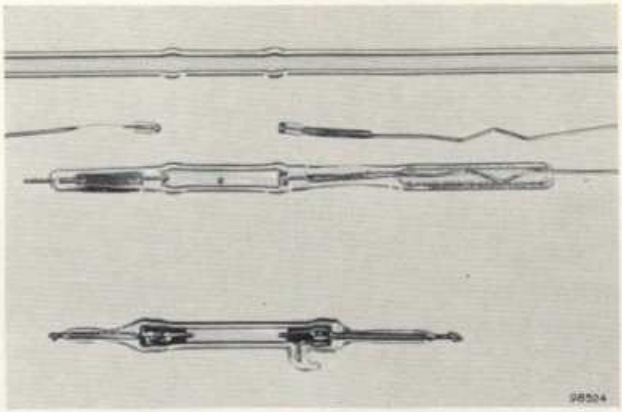


Fig. 12. De gedoseerde superhogedrukkwiklamp SPP 800 W voor pulserende werking. Van boven naar onder ziet men: de voorgevormde buis van kwartsglas waarin de elektrodesystemen worden ingesmolten, de elektrodesystemen, en de gerede lamp. Daaronder nog de overmaatlamp SP 1000 W. Bij elk der elektrodesystemen bevindt zich op de steel van de elektrode een stukje capillair van kwartsglas. In de gerede lamp ziet men de gedoseerde hoeveelheid kwik als een druppeltje liggen. Bij de overmaatlamp ziet men om de elektrodes de overmaat kwik, en rechts vooraan het restant van de pompstengel.

[13]) Voor andere toepassingen, b.v. op scheepswerven in afschrijfapparatuur voor scheepsplaten, waar de lampen weinig worden in- en uitgeschakeld, voldoet het type SP 1000 W zeer goed.

[14]) D. Gabor, D.R.P. 573 448, 1931. Zie ook J. L. Ouweltjes, W. Elenbaas en K. R. Labberté, Een nieuwe hogedrukkwiklamp met fluorescerende buitenballon, Philips techn. T. **13**, 61-70, 1951, speciaal blz. 67, en het in noot [1]) aangehaalde artikel, blz. 138.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

nauwsluitend passend stukje capillair van kwartsglas. De elektrodesystemen worden in een kwartsglazen buisje geschoven en ingesmolten. De bandjes smelten dan vast in het kwartsglazen buisje, evenals de stukjes capillair. Er blijft daarbij een zekere spleet rond iedere elektrodedraad, maar deze spleet is zo nauw dat toch de draad voldoende stevig wordt vastgehouden. Een bandinsmelting is te zwak om zelf te dienen als mechanische bevestiging van een elektrode.

Ook de spleten om de elektrodedraden moeten op zo hoge temperatuur komen dat het kwik er niet in gaat condenseren. Hiertoe worden de diameters der elektrodedraden zo gekozen dat de lampstroom er voor dit doel juist voldoende warmte in ontwikkelt. Elk der elektrodes is aan zijn uiteinde voorzien van een kop. Dit is gedaan om de warmteuitstralende oppervlakte voldoende groot te maken. Bij de overmaatlamp zorgt het kwik om de elektrodes voor een snelle afvoer van warmte; bij de gedoseerde lamp moet de warmte in hoofdzaak door straling worden afgevoerd. De koppen van de elektrodes komen met hun randen zo dicht bij de wand dat de lamp hier ter plaatse enigszins moet worden verwijd. Anders zou de wandtemperatuur hier zo hoog oplopen dat een snelle ontglazing van het kwartsglas zou optreden. In fig. 12 ziet men dat de verwijdingen reeds zijn aangebracht voordat de elektrodesystemen worden ingesmolten.

Zoals gezegd, is bij de ontwikkeling van de gedoseerde lamp aangestuurd op een lamp voor pulserende werking. Een belasting met pulserende gelijkstroom is voor een gasontladingslamp zwaarder dan een belasting met gewone gelijkstroom. De levensduur van een lamp die voor gelijkstroom is bestemd, wordt dan ook bijna altijd zeer sterk verkort als men deze lamp, bij hetzelfde gemiddelde vermogen, pulserend laat werken. Eén der oorzaken is de warmteontwikkeling in de insmeltingen van de elektrodes. De momentele warmteontwikkeling hierin is natuurlijk evenredig met het kwadraat van de stroom, en dit komt neer op een warmteontwikkeling die groter is naarmate, bij hetzelfde gemiddelde vermogen, de impulsduur korter wordt. Men mag echter de redenering niet omkeren en concluderen dat een lamp die bij pulserende werking een goede levensduur heeft, een nog veel langere levensduur zal hebben als hij voor gelijkstroom wordt gebruikt. Een reeks van factoren maakt dat men, om de gunstigste omstandigheden voor gelijkstroom te krijgen, o.a. de afmetingen der elektrodes anders zal moeten kiezen.

Een van de belangrijkste punten bij de ontwikkeling van de pulserende lamp is geweest het beheersen van de fabricageomstandigheden. Bij cinemaprojectie is er voortdurend vraag naar meer licht, en lampen voor dit doel worden dan ook steeds tot het uiterste belast. Een gevolg is dat vrijwel iedere afwijking van de beproefde omstandigheden een aanzienlijke verkorting van de levensduur tot gevolg heeft. Mechanisering van de fabricage was dan ook even noodzakelijk om een gelijkmatig produkt te krijgen als om de produktiekosten te verlagen. De in het begin van dit artikel genoemde gemiddelde levensduur van 33 uur geldt onder de omstandigheden die bij filmprojectie optreden, d.w.z. dat de lamp gemiddeld om het kwartier wordt geschakeld. (Deze tijd is bepaald door in een praktijkgeval het aantal in- en uitschakelingen mechanisch te tellen.) Ondanks alle voorzorgen is de spreiding in de levensduur aanzienlijk. Door de automatische inschakeling van de reservelamp op de projector levert dit echter geen praktische bezwaren op.

De lamp levert, bij een gemiddelde belasting van 800 watt, een lichtstroom van ca. 40 000 lumen. Dat de SPP 800 W bij projectie van kleurenfilms de kleuren goed weergeeft, kan men het beste in de praktijk constateren. De verbetering ten opzichte van de SP 1000 W die men dan constateert is zelfs veel groter dan men zou verwachten op grond van een vergelijking van de zg. „vakjesverdelingen" van de twee lamptypen; zie de *tabel*. (Onder de „vakjesverdeling" van een lichtbron verstaat men de procentuele lichtstromen in een achttal golflengtegebieden (vakjes) waarin men het zichtbare gebied verdeelt op een wijze die door Bouma [15]) is uitgewerkt en waarbij rekening is gehouden met de eigenschappen van het oog.) Wel ziet men reeds uit de

Tabel. De relatieve lichtstroom die in verschillende vakjes van het gebied van zichtbare golflengten wordt uitgestraald door de lampen SPP 800 W en SP 1000 W. Verdeling in 8 vakjes volgens Bouma [15]). Ter vergelijking zijn ook de verdelingen gegeven voor daglicht en voor de zg. hoge-intensiteits-kwikboog (H-I-boog). Onder de tabel zijn de kleuren vermeld.

Vakje	1	2	3	4	5	6	7	8
Golflengte gebied 10^{-9} m	400-420	420-440	440-460	460-510	510-560	560-610	610-660	660-720
SPP 800 W	0,025	0,28	0,50	4,24	43,7	46,6	4,3	0,28
SP 1000 W	0,042	0,53	0,87	4,6	52,6	37,6	3,4	0,25
Daglicht	0,025	0,26	0,91	11,1	40,8	36,2	9,9	0,73
H-I-boog	0,050	0,27	0,97	10,2	43,7	33,2	10,6	0,94

436 495 566 589 627

violet blauw groen geel oranje rood

[15]) Zie b.v. P. J. Bouma, De kleurenweergave bij gebruik van verschillende „witte" lichtbronnen, Philips techn. T. **2**, 1-7, 1937.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Digitized by www.freeservicemanuals.info 2023

vakjesverdeling dat bij de SPP 800 W de lichtstromen aan de blauwe zijde van het spectrum aanzienlijk verzwakt zijn ten opzichte van die bij de SP 1000 W, terwijl zij aan de rode zijde juist zijn versterkt.

Samenvatting. De met water gekoelde superhogedrukkwiklamp heeft vele eigenschappen die hem als lichtbron voor cinemaprojectie aantrekkelijker maken dan de gebruikelijke koolbogen.

Bij gebruik van een normale projector met een vlinder, die ca. 50% van het licht onderschept, is echter de lichtopbrengst wat gering voor grote zalen, terwijl bij kleurenprojectie de rode kleuren niet tot hun recht komen.

Dit artikel beschrijft een verlichtingssysteem waarbij de kwiklamp flitst, dus alleen licht produceert als dit nuttig wordt gebruikt. Hierdoor krijgt men bij hetzelfde opgenomen vermogen twee keer zoveel licht op het scherm als bij gebruik van een continu brandende lamp, waarbij een vlinder nodig is die 50% van het licht onderschept. Bij een objectief met relatieve opening 1 : 2 bedraagt de lichtstroom op het scherm 4800 lumen en bij een objectief met relatieve opening 1 : 1,6 zelfs 6000 lumen. De lamp verbruikt 800 watt, het rendement is dus 6 resp. 7,5 lumen op het scherm per watt, vergeleken met 2,5 lumen op het scherm per watt bij gebruik van koolbogen. Door de zwaardere momentele belasting gedurende de flitsen is het continuüm in het spectrum versterkt ten opzichte van het lijnenspectrum, en daardoor is een goede kleurweergave verkregen. De vlinder kon geheel vervallen. Er worden per filmbeeldje drie lichtflitsen van ca. 2,5 msec gegeven. Men krijgt dientengevolge een opvallend rustig beeld, ook als dit zeer helder en breed is. Behalve het eigenlijke verlichtingssysteem, wordt ook de voedingsapparatuur besproken. De gebruikte kwiklamp SPP 800 W is van het gedoseerde type en werd speciaal voor pulserende werking in cinemaprojectoren ontwikkeld. Het artikel geeft over deze ontwikkeling nadere bijzonderheden.

EEN CINEMAPROJECTOR VAN VEREENVOUDIGDE CONSTRUCTIE

door J. J. KOTTE.

778.554.4:621.327.534.3

Een opnieuw doordenken van het probleem, hoe te voldoen aan de eisen die men stelt aan een moderne cinemaprojector, heeft geleid tot een nieuw ontwerp. Zowel in de algehele opzet als in verscheidene details zijn vereenvoudigingen mogelijk gebleken, waarbij echter geen concessies zijn gedaan ten aanzien van de kwaliteit. De projector kan worden uitgerust met het verlichtingssysteem met flitsende lichtbron dat het onderwerp is van het voorafgaande artikel.

Hoofdlijnen van het ontwerp

De gebruikelijke constructie

Vrijwel alle huidige cinemaprojectoren bestaan uit een samenstel van „blokken" — elk met zijn eigen functie —, die in hoofdzaak met horizontale pasvlakken op elkaar zijn bevestigd. De Philips projector FP 56, afgebeeld in *fig. 1a*, is hiervan een voorbeeld. Een voordeel van deze constructie is dat men door toevoeging van nieuwe blokken de projector bij de voortschrijdende techniek kan aanpassen. Zo is, toen de geluidsfilm in zwang kwam, een optische geluidsaftaster als afzonderlijk blok toegevoegd. Enige jaren geleden deed het magnetische geluidsspoor zijn intrede. Dank zij een nieuw blok, dat tussen de boventrommel en het projectieblok werd geplaatst, konden ook nu weer de bestaande projectoren aan de nieuwe eisen voldoen. Aldus maakte de flexibiliteit van de blokkenconstructie het mogelijk de kosten die het volgen van de techniek voor de bioscooptheaters meebracht, te beperken. Het ligt echter voor de hand dat men langs deze weg van aanpassing niet tot de meest economische en functionele constructievorm komt. Zo heeft ieder blok zijn eigen gietijzeren huis of freem nodig, met horizontale verbindingsvlakken, die alle bewerkt moeten worden. Verder moeten, omdat de baan die de film volgt, zuiver in één (verticaal) vlak moet liggen, al deze blokken zorgvuldig worden gesteld — het „uitlijnen" —, wat zelfs voor vaklieden een tijdrovend werk is [1]).

Het nieuwe ontwerp

De nieuwe projector (fig. 1*b*) is daarom anders van opzet. Hoofddoel was vereenvoudiging van de constructie, echter met behoud van de flexibiliteit: door toevoeging of vervanging van onderdelen moest de projector bij de verlangens van de gebruiker aangepast kunnen worden; kortom, de projector moest de voordelen van de vroegere blokkenconstructie behouden, maar de nadelen vermijden.

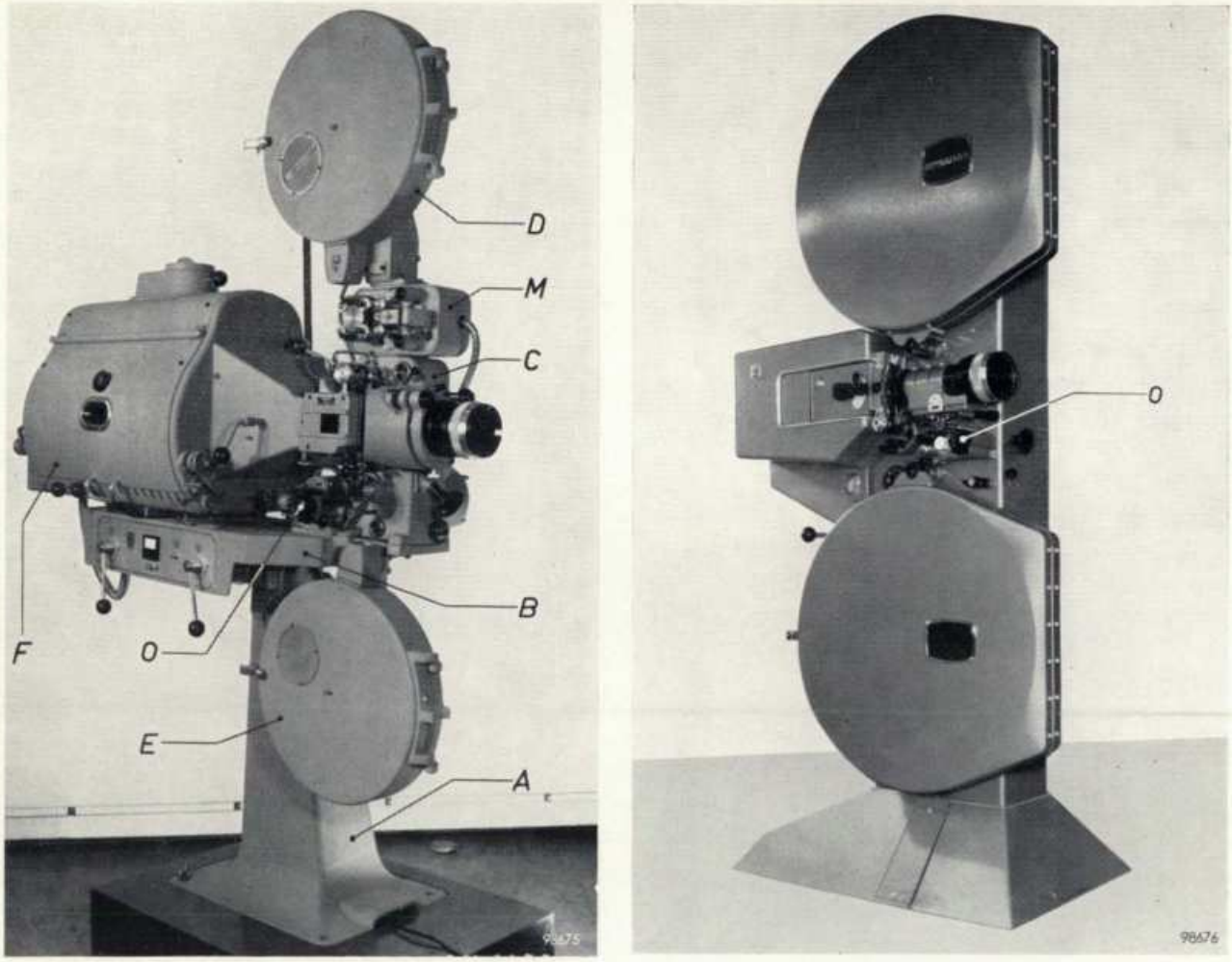
Alle onderdelen die te maken hebben met de baan die de film volgt, zijn daartoe gemonteerd tegen een

---

[1]) Als een theater van een nieuwe projectie-installatie moet worden voorzien, is de installatietijd een punt van belang, want deze tijd bepaalt het aantal gemiste voorstellingen. De tijd nodig voor het uitlijnen der projectoren heeft op de installatietijd een ongunstige invloed.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



a *b*

Fig. 1. *a*) De Philips projector FP 56 als voorbeeld van de gebruikelijke constructie als een opeenstapeling van blokken die in hoofdzaak met horizontale verbindingsvlakken zijn samengevoegd, nl.: de voet *A*, daarop de wip *B*, daarop het projectieblok *C*, daarop de magnetische geluidsaftaster *M*, daarop de boventrommel *D*. Onder tegen de wip nog de ondertrommel *E* en erop — achter het projectieblok — het lamphuis *F* en de optische geluidsaftaster *O*.
b) De nieuwe Philips projector FP 20. Alle onderdelen die betrekking hebben op het geleiden van de film zijn gemonteerd tegen een groot verticaal montagevlak, geleverd door de voorwand van de zuil die de kern van de projector vormt. De projector is hier uitgerust met een lamphuis dat een flitsende lichtbron bevat [2]) (de typeaanduiding is dan FP 20 S) en trommels voor 1800 m film. De optische geluidsaftaster bevindt zich bij *O*.

verticaal vlak, het montagevlak. Daarmee vervalt het omslachtige uitlijnen. De kern van de projector is een zuil met rechthoekige doorsnede, gebogen en gelast van plaatstaal. Aan de bovenzijde is de zuil met een ingelaste plaat gesloten; dit bevordert de stijfheid der constructie. Aan de onderzijde is de zuil open; hier zorgt een voetstuk voor voldoende stijfheid. Een der grote zijvlakken levert het gewenste verticale montagevlak; dit is gemakkelijk binnen de gestelde vlakheidstoleranties te brengen. Het vlak behoeft verder niet bewerkt te worden; zelfs behoeven de montageplaatsen niet vrij van lak te zijn.

Het montagevlak bevat alle gaten (met en zonder schroefdraad die nodig zijn bij de verschillende uitvoeringsvormen van de projector. Zo kan men filmtrommels voor 600-m-spoelen monteren, maar ook voor 1800-m-spoelen. De legerstoelen voor de spoelassen worden dan verplaatst. In alle uitvoeringen bezit de projector een optische geluidsaftaster, maar als men de boventrommel 140 mm hoger plaatst, komt op de zuil ruimte beschikbaar om bovendien een magnetische geluidsaftaster aan te brengen. Het nieuw ontwikkelde lamphuis met flitsende lichtbron, dat in het voorafgaande artikel werd besproken [2]), kan rechtstreeks tegen het montagevlak worden aangebracht. De projector afgebeeld in fig. 1*b* is voorzien van het nieuwe lamphuis en van 1800-m-trommels,

[2]) Zie het voorafgaande artikel: P. Hoekstra en Ch. Meyer, Cinemaprojectie met flitsende lichtbron, Philips techn. T. **21**, 121-131, 1959 (no. 5).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Digitized by www.freeservicemanuals.info 2023

maar niet van een magnetische geluidsaftaster. (Deze is wel aangebracht op de projector in fig. 1 van het voorafgaande artikel.)

Uitgerust met flitsende lichtbron heeft de projector de typeaanduiding FP 20 S. Als de projector met een booglamp wordt uitgerust — zoals in *fig. 2* —, wordt een zogenaamde „wip" tegen de zuil geschroefd, waarop ieder gangbaar booglamphuis geplaatst kan worden. De typeaanduiding is dan FP 20. In fig. 2 is de projector voorzien van een magnetische geluidsaftaster en 600-m-trommels.

Door de zuilconstructie is het mogelijk geworden alle daartoe in aanmerking komende onderdelen op zeer eenvoudige wijze aan te drijven, nl. met kettingen. Deze kettingen lopen langzaam en daardoor geruisloos en zijn in de zuil veilig en stofvrij ondergebracht (*fig. 3*). In een projector als afgebeeld in fig. 1 daarentegen zijn voor de aandrijving van de ondertrommel alleen reeds twee schroeftandwielen, twee conische tandwielen en twee koppelassen met hun legering nodig. Gaat men van 600-m-trommels over op 1800-m-trommels, dan verplaatst men bij de nieuwe projector eenvoudig de legerstoel van de spoelas voor de ondertrommel en verlengt men de aandrijfketting. Bij de oude constructie moet men voor dit doel, behalve de grotere trommels, ook grotere gietstukken en een langere koppelas monteren. Zowel de baan voor de film als de koppelas moeten hierbij worden uitgelijnd.

Het inwendige van de zuil biedt tevens een ideale ruimte om de elektrische bedrading onder te brengen. De elektrische verbindingen tussen de verschillende blokken door flexibele metalen sierslangen (zichtbaar in fig. 1*a*) behoren hiermee tot het verleden. Daar de zuil van onderen open is, kan men de projector gemakkelijk op voedingsapparaat en waterleiding aansluiten via pijpleidingen onder de vloer.

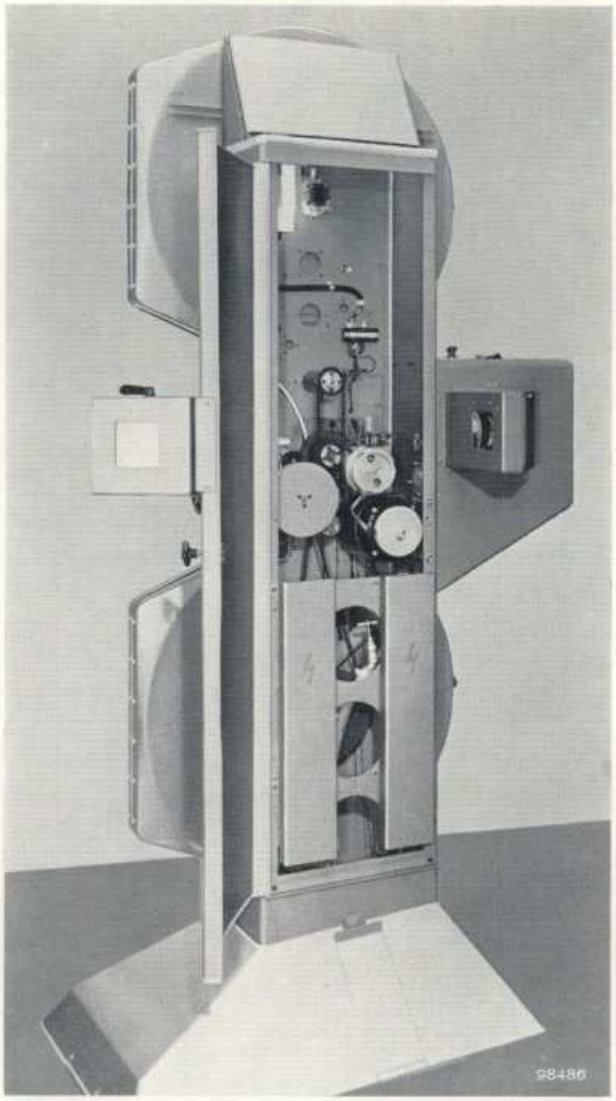


Fig. 3. Het inwendige van de zuil is toegankelijk door ruime openingen in de achterwand. Men ziet o.a. de kettingen voor de aandrijving. De openingen worden afgesloten door een gemeenschappelijke deur.

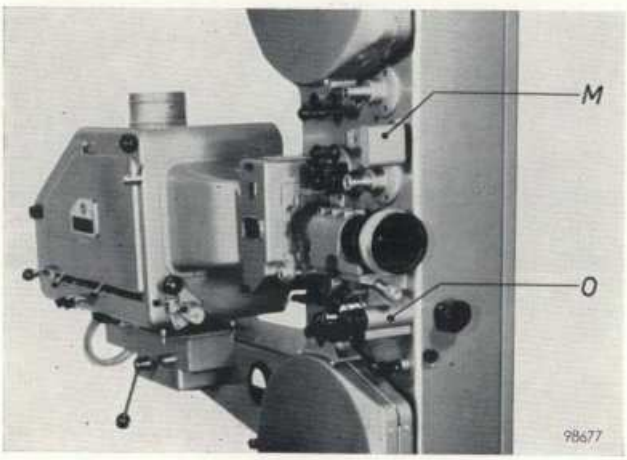


Fig. 2. De nieuwe projector, uitgerust met een booglamp (de typeaanduiding is dan FP 20), trommels voor 600 m film, en een magnetische geluidsaftaster *M*. De optische geluidsaftaster *O* is steeds aanwezig.

De onderkant van de zuil past in een voetstuk, bestaande uit twee omgezette platen, die met twee hoekprofielen tot een raam zijn samengelast (*fig. 4*). De zuil rust met de uitstekende delen van een vastgelaste doorgaande pen op de platen en kan om deze pen worden gekanteld ter instelling van de juiste projectiehoek, om vervolgens met bouten te worden vastgezet. Daarna wordt het voetstuk afgedekt door twee halve sierkappen.

Nieuwe detailconstructies

Kaderverstelling

Daar 35-mm-film aan weerszijden vier perforaties per beeldje heeft, bestaat de mogelijkheid dat

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Digitized by www.freeservicemanuals.info 2023

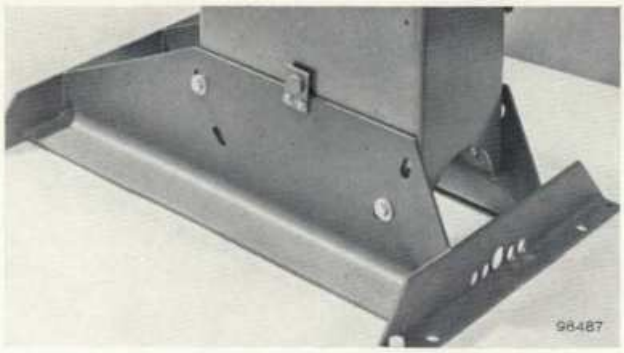


Fig. 4. De voet van de projector met afgenomen sierkappen.

de film één of twee perforatiesteken te hoog of te laag in het projectievenster wordt ingelegd. Ook tijdens de projectie komt het voor dat, na het passeren van een niet juist in het kader geplakte filmlas, de zwarte streep die de beelden scheidt, op het projectiedoek verschijnt. Om deze fout snel te kunnen corrigeren, zijn alle 35-mm-projectoren voorzien van een inrichting voor „kaderverstelling".

Bij de nieuwe projector is hiervoor een nieuwe constructie toegepast, die in *fig. 5* schematisch is voorgesteld. De tekening spreekt voor zichzelf: draait men de kadreerknop *A*, dan ondergaat de opzettransportrol *B* een verdraaiing ten opzichte van het Maltezer kruis *C*, waardoor de film al lopende verschuift en de gewenste correctie tot stand komt.

Bij vele projectoren over de gehele wereld — ook bij verscheidene Philips projectoren — wordt wegens haar betrouwbaarheid de zg. centrale kaderverstelling toegepast. Ook hier wordt bij het kadreren het opzetsprocket gedraaid, maar daar de as tussen Maltezer kruis en opzettransportrol niet gedeeld is, moet nu het gehele maltezerkruismechanisme meedraaien. Neemt men geen bijzondere maatregelen, dan verstoort de verdraaiing van het Maltezer kruis de onderlinge afstemming van de opzetperiode en de onderschepping van het licht door de vlinder. De eis dat zo'n verstoring voorkomen moet worden, leidt tot een gecompliceerd mechanisme.

De koppelkadreerbus *D* (fig. 5), die twee inwendige schroefvertandingen heeft, is een spuitprodukt van nylon. Dit is een ideaal materiaal voor het hier beoogde doel, nl. om een verschuifbare bus te hebben die absoluut geen speling vertoont [3]). Men kan namelijk zonder bezwaar de maten van de bus 1 à 2% kleiner maken dan die van de assen. (Bij staal op staal geeft 0,01 à 0,1% verschil reeds een zg. perspassing.) Er is dan weliswaar aanvankelijk vrij veel kracht nodig om de bus op de assen te verschuiven, maar in de loop van ca. 24 uur „zet" zich het materiaal door het bekende kruipverschijnsel, waarbij de verschuifkracht tot een acceptabele waarde afneemt. Deze kracht wordt via kogellegers E_1 en E_2 op de koppelkadreerbus overgebracht en ten slotte opgenomen door de geharde taatsen F_1 en F_2 aan de beide einden der gedeelde opzetas. Levensduurproeven hebben bewezen dat zelfs na langdurig gebruik geen speling ontstaat.

Brandsloten

Als tweede vereenvoudigde detailconstructie van de nieuwe projector noemen we de brandsloten. Deze moeten verhinderen dat het vuur de film in de trommels bereikt als de film in brand zou raken. *Fig. 6a*

[3]) Zie voor de eigenschappen van nylon als constructiemateriaal b.v. A. J. Cheney, Designing with nylon, Machine Design, 23 februari 1956, 95-102, en 8 maart 1956, 95-99

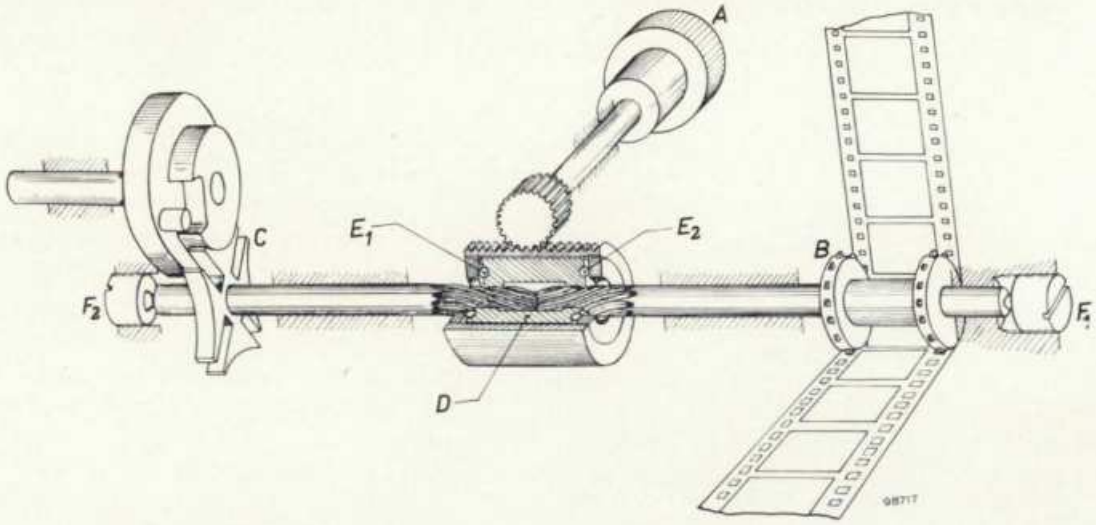
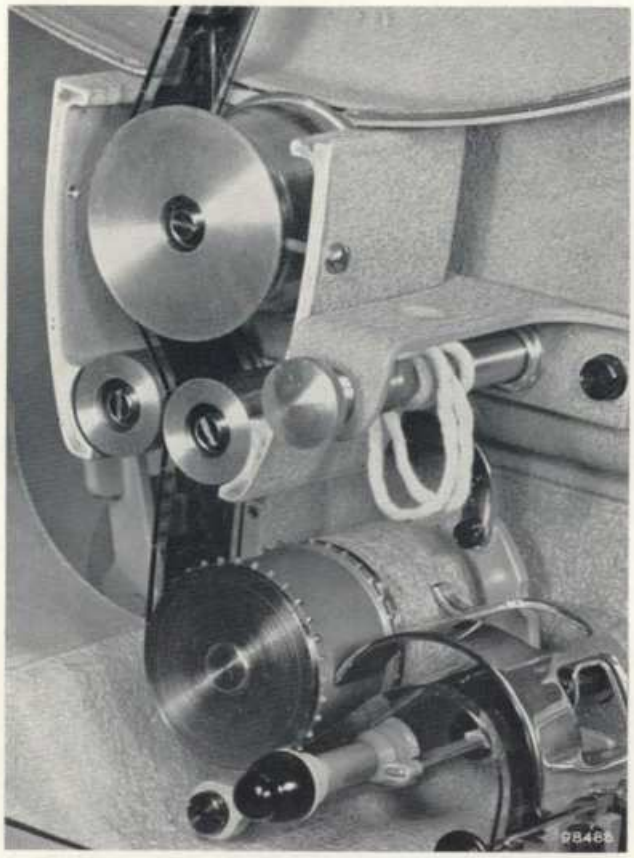


Fig. 5. Schema van de nieuwe constructie voor kaderverstelling, toegepast bij de projector FP 20. *A* kadreerknop, *B* opzettransportrol, *C* Maltezer kruis, *D* koppelkadreerbus, E_1 en E_2 kogellegers, F_1 en F_2 geharde taatsen.

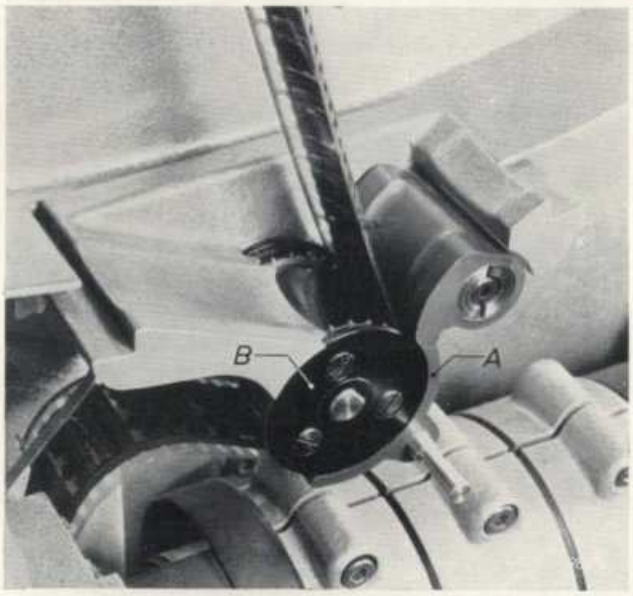
Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Digitized by www.freeservicemanuals.info 2023



a



b

Fig. 6. *a*) Illustratie aan de projector FP 56 van de gebruikelijke constructie van een brandslot, nl. als rollenbrandslot. *b*) De uitvoering bij de projector FP 20. De als slof uitgevoerde ruiter en de filmtransportrol fungeren samen tevens als brandslot.

is een voorbeeld (bij de boventrommel) van de gebruikelijke constructie. Bij het verlaten van de trommel passeert de film een zg. rollenbrandslot, dat aan de voorzijde wordt afgesloten door een deksel dat aan de trommel is bevestigd (en dat op de foto is verwijderd). Onder het brandslot bevindt zich een filmtransportrol (sprocket) met een „ruiter" die er met twee ruiterrollen voor zorgt dat de tandjes van de transportrol goed in de film grijpen. Fig. 6*b* toont hoe bij de nieuwe projector de ruiter is uitgevoerd als een slof die de transportrol over een grote hoek omvat, zodat de transportrol en de bijbehorende ruiter samen tevens een brandslot vormen. Ook hier wordt het brandslot aan de voorzijde afgesloten met een vlakke plaat, die aan de trommeldeur is bevestigd (in fig. 6*b* weggelaten). De constructie bespaart een aantal elementen, uitlijnen is overbodig en de tijd voor het inleggen van de film is gehalveerd.

Zaalbediening

In grote zalen is de afstand van het projectiescherm tot de projectoren zo groot dat de operateur minder goed in staat is het beeld scherp te stellen dan iemand die zich vooraan in de zaal bevindt. Bij de nieuwe projector zijn daarom voorzieningen getroffen die het mogelijk maken in het inwendige van de zuil een motortje toe te voegen dat via een vertraging de scherpstelling regelt. In de zaal wordt dan een kastje aangebracht van waaruit men dit motortje kan bedienen. Ook de kaderverstelling kan op deze wijze vanaf dit kastje worden uitgevoerd. Verder kan hierop nog een geluidssterkteregelaar worden aangebracht. Als de projector is uitgerust met het nieuwe verlichtingssysteem met flitsende lichtbron, kan men tevens een knop aanbrengen waarmee men het lampvermogen regelt [4]).

[4]) Zie het voorafgaande artikel, blz. 128.

Samenvatting. De gebruikelijke cinemaprojectoren zijn samengesteld uit blokken — elk met een eigen functie — die met horizontale pasvlakken op elkaar zijn bevestigd. Beschreven wordt een nieuwe projector van eenvoudiger constructie. De kern is een zuil met rechthoekige doorsnede, gebogen en gelast van plaatstaal. Eén der grote zijvlakken van de zuil doet dienst als verticaal montagevlak waartegen alle onderdelen die betrekking hebben op het geleiden van de film, worden gemonteerd Hierdoor vervalt het tijdrovende „uitlijnen" van deze baan bij het installeren van de projector. Aanpassing van de projector bij de wensen van de gebruiker is zeer eenvoudig doordat het montagevlak alle gaten (met en zonder schroefdraad) bevat die nodig zijn bij de verschillende uitvoeringsvormen van de projector. In de zuil is een eenvoudige en betrouwbare aandrijving met kettingen ondergebracht. Ook biedt de zuil een ideale ruimte voor de elektrische bedrading. Enige bijzondere constructieve details worden besproken, nl. een vereenvoudigde kaderverstelling en vereenvoudigde brandsloten.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Digitized by www.freeservicemanuals.info 2023

DE INSTRUMENTATIE VOOR EEN SUBKRITISCHE HOMOGENE SUSPENSIEREACTOR

*In de laboratoria van de KEMA te Arnhem werkt men aan de ontwikkeling van een kernreactor voor energielevering. Hierin zal de splijtstof, ^{233}U, worden gekweekt uit ^{232}Th; kweek- en splijtstof zullen zich in gesuspendeerde deeltjes bevinden in zwaar water, dat als moderator dient en door de reactor circuleert. In het vorige nummer van dit tijdschrift zijn de redenen uiteengezet die tot de keus van dit type kernreactor hebben geleid. Voor subkritische experimenten beschikt men te Arnhem reeds over een kleine kernreactor die met een suspensie van ^{235}U in gewoon water werkt. Hoe bij deze experimentele reactor verschillende werkparameters worden gemeten en geregeld, is besproken in een tweede artikel in genoemd nummer van dit tijdschrift. De nu volgende artikelen *) zijn gewijd aan het meten van de neutronenflux en aan het beveiligingssysteem bij deze reactor.*

IIIA. HET METEN VAN KLEINE NEUTRONENFLUX MET BEHULP VAN SNELLE IMPULSTELKANALEN

door J. J. van ZOLINGEN **).

621.039.564.2:621.039.524.46:621.374.32

Inleiding

Het specifieke karakter van een kettingreactie maakt het noodzakelijk, de grootte van de neutronenflux in een kernreactor voortdurend te kennen. Vooral tijdens het op gang brengen, en zelfs ook als de reactor is stopgezet, dient men over deze grootheid en over het toe- of afnemen ervan met de tijd onafgebroken geïnformeerd te zijn.

Al naar gelang in de beschouwde reactor als moderator zwaar water of grafiet wordt gebruikt, bedraagt de (thermische) neutronenflux bij de aanvan van het starten slechts ca. 10^{-6} resp. ca. 10^{-9} van zijn nominale waarde. De neutronenfluxmeting dient dus een gebied van op zijn minst zes resp. negen decaden te bestrijken.

Van de overige eisen die men aan neutronenfluxmeters moet stellen, dient in de eerste plaats een grote betrouwbaarheid te worden genoemd. Verder moet men zekerheid hebben dat de aanwijzing niet, of althans slechts in verwaarloosbare mate, mede wordt veroorzaakt door de gammastraling, die in een reactor steeds aanwezig is. Bovendien moet het meten van de neutronenflux gebeuren met bijzonder weinig traagheid, aangezien het in een kernreactor ontwikkelde vermogen zeer snel kan toenemen en de automatische beveiliging of het bedienend personeel tijdig moet kunnen ingrijpen. In het ideale geval is de meettijd slechts door het statistische karakter van de elementaire processen en door de gewenste graad van nauwkeurigheid bepaald.

Er zijn twee manieren om een neutronenflux te meten:

A) tellen van het aantal impulsen die de afzonderlijke neutronen per seconde in een zg. impulstelbuis opwekken, en

B) meten van de ionisatiestroom die de neutronen in een ionisatiekamer teweegbrengen.

Indien de beide neutronendetectors (impulstelbuis resp. ionisatiekamer) hetzelfde volume en dezelfde gasvulling hebben, zijn deze methodes even gevoelig. Methode B heeft het voordeel van een aanzienlijk eenvoudiger apparatuur; voorwaarde voor de bruikbaarheid is echter een zo grote neutronenflux dat de door de neutronen veroorzaakte ionisatiestroom nauwkeurig genoeg kan worden gemeten. Anderzijds is bij methode A de maximale nog te meten neutronenflux bepaald door de grootste snelheid waarmee het telkanaal de afzonderlijke impulsen nog kan tellen.

De keus tussen de twee methodes wordt voornamelijk bepaald door de intensiteit van de storende achtergrond (gammastraling). Verzwakken van de gammastraling door een afschermende loodmantel kwam bij de KEMA-reactor niet in aanmerking, daar deze reactor voor een voldoende afscherming geen plaats biedt. Methode A laat een bepaalde discriminatie naar de impulsamplitude toe, waar-

*) Deze artikelen verschijnen, evenals I en II, ongeveer gelijktijdig in het tijdschrift Electrotechniek.

**) N.V. KEMA, Arnhem.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Digitized by www.freeservicemanuals.info 2023

door kleine impulsen, die door gammastraling zijn ontstaan, elektronisch worden geblokkeerd en dus niet meegeteld. Bij methode B kan men zo nodig de storende invloed van gammastraling compenseren, door het gebruik van een dubbele ionisatiekamer waarvan beide helften gevoelig zijn voor gammastralen, doch slechts één helft voor neutronen; de verschilstroom van de twee helften is dan in principe een zuivere maat voor de neutronenflux.

Soms echter is bij methode B deze laatste maatregel niet afdoende. De gammastraling kan namelijk relatief zo intensief zijn (b.v. bij het opnieuw starten na een korte onderbreking, wanneer er nog maar weinig neutronen zijn, terwijl er nog een sterke resterende gammastraling is) dat de nimmer volmaakte compensatie een te sterke achtergrond zou overlaten. In zo'n geval is men dus aangewezen op methode A: het tellen van aantallen gediscrimineerde impulsen per seconde, d.w.z. het meten van de impulsdichtheid.

De beste oplossing is veelal, het totale meetgebied (zes of negen decaden) te verdelen in twee gebieden die elkaar enigszins overlappen, en kleine neutronenflux te meten door het tellen van impulsen, grote neutronenflux door het meten van de ionisatiestroom. Zo is het dan ook bij de subkritische suspensiereactor van de KEMA [1]) gedaan. Wij bespreken in dit artikel, IIIA, het meten volgens de telmethode. De methode met stroommeting zal worden behandeld in artikel IIIB.

Tot de experimenten die met de subkritische KEMA-reactor zijn gedaan, behoort een onderzoek naar de fluctuaties van de neutronenflux. Daar tevoren geenszins vaststond, welke correlatietijden deze fluctuaties zouden bezitten, moest men trachten, ze in zo kort mogelijke tijd waar te nemen. Immers, de waarneming is steeds het gemiddelde over een zekere integratietijd, en als deze tijd lang is ten opzichte van de correlatietijd, worden de fluctuaties er grotendeels weer uitgemiddeld. Wil men, ondanks de onvermijdelijke statistische fluctuaties van de impulsdichtheid, in een korte integratietijd de fluctuaties van de neutronenflux vaststellen, dan dient de telapparatuur zeer grote impulsdichtheden te kunnen verwerken, d.w.z. zeer snel te kunnen tellen.

Stel dat men in staat wenst te zijn om neutronenfluxvariaties van 1% binnen 1 seconde vast te stellen met $\pm$ 10% nauwkeurigheid, dan moet de apparatuur een impulsdichtheid van $n = 10^6$ impulsen per seconde kunnen verwerken. De relatieve middelbare afwijking van het aantal n bedraagt dan namelijk $\sqrt{n}/n = 10^{-3} = 0{,}1\%$, d.w.z.: men heeft ongeveer 50% kans dat de waarneming minder dan 0,1% van de werkelijke gemiddelde waarde verschilt, en dat dus een waargenomen afwijking van 0,1% reëel is.

De KEMA-reactor is omgeven door een zeer werkzame neutronenreflector, die uit blokken berylliumoxyde en grafiet bestaat. Om aan de gunstige eigenschappen van deze reflector niet te veel afbreuk te doen, heeft men er slechts nauwe kanalen voor de neutronendetectors in aangebracht (zie het in [1]) aangehaalde artikel, fig. 5). Er is daardoor, zoals gezegd, geen plaats voor een afscherming tegen gammastraling. Dit heeft tot gevolg dat pas bij vrij grote neutronenflux de meting met behulp van methode B bruikbaar wordt. De meting volgens de telmethode (A) dient zich derhalve op zijn minst tot deze neutronenfluxwaarde uit te strekken, d.w.z.: tot een impulsdichtheid van de orde van miljoenen impulsen per seconde.

Aanvankelijk werd de reactor uitgerust met een telapparatuur die vijf decaden omvatte; het hoogste teltempo waartoe deze in staat was, bedroeg 10^5 impulsen per seconde. Later, in de loop van 1955, is men in het KEMA-laboratorium erin geslaagd, nieuwe typen discriminators te ontwerpen. In combinatie met de ontwikkeling van een betrouwbare flip-flapschakeling met zeer geringe traagheid heeft dit geleid tot sterk vereenvoudigde impulstelsystemen. Deze laten tientallen malen zo grote impulsdichtheden toe als de oude schakelingen en zijn bovendien ruim 100 maal zo gevoelig.

Een neutronenfluxmeter volgens de telmethode

Voor het meten van een neutronenflux volgens de telmethode bedient men zich van een boriumhoudende telbuis of van een splijtingstelbuis. (Een derde soort neutronendetector is de scintllatieteller; deze is in staat tot het geven van impulsen in zeer hoog tempo, maar komt wegens zijn kwetsbaarheid en zijn niet bestand zijn tegen hoge temperaturen voor het gebruik in een reactor niet in aanmerking.)

Van de beide soorten telbuis [2]) wordt die met het boriumisotoop ^{10}B, dikwijls als gasvormig boriumfluoride, BF_3, wegens zijn grote gevoeligheid het meest gebruikt. Een thermisch neutron brengt in ^{10}B de volgende kernreactie teweeg:

$$^{10}_{5}B + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{7}_{3}Li + {}^{4}_{2}He + 2{,}5\ \text{MeV}. \quad . \quad . \quad (1)$$

[1]) J. J. Went, De instrumentatie voor een subkritische homogene suspensiereactor, I. Motivering van de keus van een homogene suspensiereactor, Philips techn. T. **21**, 85-97, 1959.

[2]) W. Abson, P. G. Salmon en S. Pyrah, The design, performance and use of fission counters, Proc. Instn. Electr. Engrs. **B 105**, 349-356, 1958 (no. 22).
W. Abson, P. G. Salmon en S. Pyrah, Boron trifluoride proportional counters, Proc. Instn. Electr. Engrs. **B 105**, 357-364, 1958 (no. 22).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

De vrijkomende energie van 2,5 MeV per gevangen neutron treedt op als kinetische energie van het lithiumion en het alfadeeltje. Beide deeltjes laten dientengevolge in het gas een spoor van elektronen en ionen achter. Deze ladingdragers geven aanleiding tot het ontstaan van een spanningsimpuls aan de klemmen van de telbuis, waartussen een hoge gelijkspanning staat.

In een splijtingstelbuis wordt splijtbaar materiaal, b.v. ^{235}U in een vaste verbinding, door de thermische neutronen tot splijting gebracht. (Een proces waarbij een elementair deeltje, een deuteron of — zoals bij het proces (1) — een alfadeeltje ontstaat, wordt gewoonlijk niet als splijting betiteld.) De splijtingsfragmenten zijn sterk geladen ionen met grote kinetische energie; deze ionen en de vrijgekomen elektronen ioniseren het gas waarmee de buis is gevuld, waardoor ook hier aan de klemmen van de buis een spanningsimpuls ontstaat. De splijtingstelbuis kan zeer grote aantallen impulsen per seconde leveren, en de impulsen zijn goed te scheiden van de achtergrond; de splijtingstelbuis is echter minder gevoelig dan de buis met BF_3.

De BF_3-telbuis geeft spanningsimpulsen met een amplitude van globaal 0,2 tot 10 mV. Alvorens deze impulsen met voldoende nauwkeurigheid kunnen worden gescheiden van de impulsen met kleinere amplitude, die door gammastraling en andere storende invloeden ontstaan, moeten ze worden versterkt. Het scheiden gebeurt in een discriminator, die pas een impuls afgeeft indien de amplitude van de binnenkomende impuls een bepaalde minimumwaarde overschrijdt (het discriminatieniveau). De impulsen die de discriminator levert, worden zo nodig in een impulsvormer genormaliseerd tot impulsen die geschikt zijn om door de eigenlijke telinrichting te worden verwerkt.

Bij voorkeur werkt men met twee telinrichtingen: een logaritmische en een lineaire [3]). Het logaritmische instrument geeft een uitslag die evenredig is met de logaritme van de neutronenflux Φ. Zijn schaal dient ettelijke decaden te beslaan, wat vooral van belang is wanneer de neutronenflux sterk verandert, zoals tijdens het starten van de reactor. Het lineaire instrument (uitslag evenredig met Φ) leent zich beter voor een nauwkeurige aflezing.

Behalve de neutronenflux is een belangrijke grootheid de periode T, d.i. het omgekeerde van de relatieve fluxverandering per tijdseenheid, $(d\Phi/dt)/\Phi$. Door de uitgangsspanning van de $\log\Phi$-meter naar de tijd te differentiëren, krijgt men een spanning die omgekeerd evenredig met T is [4]); deze spanning kan men een meter doen uitslaan waarop T direct in seconden afleesbaar is.

Fig. 1 geeft het blokschema van de besproken apparatuur.

Als de impulsdichtheid groter dan 10^5 impulsen per seconde wordt, gaan er verschillende moeilijkheden optreden, voornamelijk bij het discrimineren en het normaliseren van de impulsen.

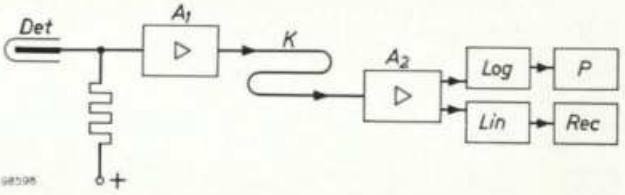


Fig. 1. Blokschema van een tweeledige neutronenfluxmeter en periodemeter. *Det* neutronendetector (b.v. telbuis met $^{10}BF_3$). A_1 voorversterker. *K* kabel. A_2 versterker. *Lin* lineaire impulsteller met registrerend instrument *Rec*. *Log* logaritmische impulsteller. *P* periodemeter.

De „millivoltdiscriminator"

Bezwaren van de conventionele discriminator

Voor het onderscheiden van impulsamplituden werd als discriminator tot dusverre algemeen de trekkerschakeling („trigger") van Schmitt gebruikt. Dit is een monostabiele schakeling met twee buizen, *I* en *II*; in de rusttoestand laat steeds buis *I* stroom door en buis *II* niet. Een impuls van voldoende amplitude maakt *II* geleidend, waardoor *I* stroomloos wordt, en vervolgens keert de schakeling in de rusttoestand terug. De amplitude die een impuls op zijn minst moet hebben om de schakeling te doen omslaan, kan men instellen door middel van een regelbare voorspanning.

Nadelen van deze schakeling zijn dat de genoemde minimumamplitude vrij groot is (enkele volts) en bovendien onder normale omstandigheden nog een variatie van ca. 5% vertoont. De relatieve nauwkeurigheid van de discriminatie is dan ook niet groot. Deze wordt weliswaar beter indien men de voorspanning opvoert tot b.v. 100 V, doch dan is een dienovereenkomstige extraversterking van de impulsen nodig. Dit brengt een niet te onderschatten complicatie mee, gezien de toch al grote versterking die nodig kan zijn (tot $10^5\times$ bij impulsen die afkomstig zijn van een splijtingstelbuis), en de aanzienlijke bandbreedte, die immers in overeenstemming moet zijn met de verwachte impulsdichtheid. Een en ander maakt dat men zelden met minder dan negen of tien versterkbuizen zal toekomen. De eis dat na iedere doorgegeven impuls de rusttoestand zich snel moet herstellen — omdat anders

[3]) Voor de redenen, zie b.v. Philips techn. T. **19**, 258, 1957.
[4]) Zie b.v. Philips techn. T. **19**, 289, 1957.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

het discriminatieniveau zou verlopen —, betekent nog een complicatie te meer.

Met dit laatste hangt samen de „dode tijd", d.i. de tijd gedurende welke na een binnengekomen impuls geen volgende impuls geteld kan worden [5]). Indien de dode tijd constant is, kan men voor de niet meegetelde impulsen een correctie aanbrengen. Dit is echter niet mogelijk als de dode tijd verandert met de impulsdichtheid.

Een groot deel van deze moeilijkheden valt weg indien men beschikt over een discriminator waarvan de dode tijd en het discriminatieniveau tot zeer grote impulsdichtheden constant blijven, en die reeds door impulsen van de orde van 10 mV betrouwbaar tot omslaan wordt gebracht.

Een nieuwe discriminator

Dat de gevoeligheid van de conventionele trekkerschakelingen vrij klein is, heeft de volgende oorzaak. In de rusttoestand bezit de afgeknepen buis een steilheid nul en versterkt hij dus niet. De anodestroom-roosterspanningskarakteristiek is zo zwak gekromd dat de roosterspanning een traject van enige volts moet doorlopen voordat de steilheid de waarde bereikt waarbij de schakeling omslaat (de voorwaarde daartoe is dat de rondgangsversterking = 1 wordt). Over dit roosterspanningstraject is de gemiddelde steilheid klein, en de versterking derhalve eveneens; met andere woorden: de gunstige buiseigenschappen komen weinig tot hun recht.

Een belangrijke verbetering hierin is gebracht door een trekkerschakeling samen te stellen waarvan in de rusttoestand beide buizen geleiden [6]). Het principe is verduidelijkt in *fig. 2* (die enigszins afwijkt van de werkelijke schakeling). De ingangsbuis *I* is met de uitgangsbuis *II* gekoppeld via een diode D_1, die in de rusttoestand door het spanningsverlies in de anodeweerstand R_a (ondanks de voorspanning E_1) zodanig is geblokkeerd dat de rondgangsversterking kleiner dan 1 is, hoewel beide buizen zijn ingesteld op een normaal werkpunt, waar de steilheid groot is. Op nader te verklaren wijze is een zwakke negatieve impuls op het rooster van buis *I* al voldoende om de geleiding van de diode zo ver op te voeren dat de rondgangsversterking groter dan 1 wordt. In buis *I* wordt de stroom dan nul, in buis *II* wordt hij tweemaal zo groot als hij was, waarbij aan de anode van buis *II* een impuls met vrijwel constante amplitude ontstaat.

Wij zullen dit nu meer in detail nagaan. Een negatieve impuls van b.v. 20 mV op het rooster van buis *I* vermindert de anodestroom en verhoogt dus de anodespanning van deze buis. De diode D_1, die tevoren geblokkeerd was, gaat daardoor open, en dientengevolge stijgt via de koppelcondensator *C* de roosterpotentiaal (en dus ook de katodepotentiaal) van buis *II*. Daar de katodes rechtstreeks met elkaar zijn verbonden, gaat ook de katodepotentiaal van buis *I* omhoog, hetgeen de stroom van deze buis verder doet dalen. Dit proces voert dus tot een zeer snel regeneratief afknijpen van buis *I*. De katodezelfinductie L_k heeft de neiging, de erdoor vloeiende stroom constant te houden en derhalve de stroom van buis *II* evenveel te doen toenemen als de stroom van buis *I* afneemt. Dit toenemen van de stroom door buis *II* doet de potentiaal van de anode dalen, zodat aldaar een negatieve spanningsimpuls ontstaat.

Daar deze schakeling zo is in te richten dat ze al betrouwbaar werkt met ingangsimpulsen van slechts 12 mV, spreken we van „millivoltdiscriminator".

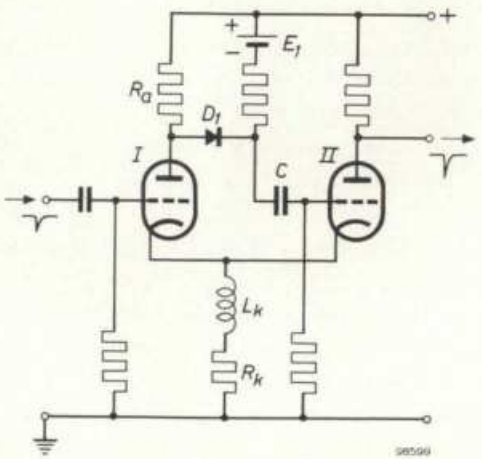


Fig. 2. Principeschema van de „millivoltdiscriminator". In de rusttoestand zijn de buizen *I* en *II* beide ingesteld op een werkpunt met grote steilheid en is de diode D_1 geblokkeerd door het spanningsverlies in de anodeweerstand R_a, ondanks de voorspanning E_1. Een negatieve ingangsimpuls van voldoende grootte maakt de diode geleidend. Daardoor wordt tijdelijk de buis *I* stroomloos en verdubbelt de stroom door de buis *II*. De uitgangsimpuls verschijnt aan de anode van de buis *II*.

De gunstige eigenschappen van de schakeling zijn een gevolg, ten eerste van de grote steilheid in het werkpunt van beide geleidende buizen, en in de tweede plaats van het feit dat de diode een kleiner spanningstraject (*fig. 3*) nodig heeft om geleidend te worden dan een triode of pentode, terwijl het bovendien niet de ingangsimpuls zelf is die de diode geleidend maakt, maar de door buis *I* versterkte impuls.

---

[5]) Zie b.v. E. J. van Barneveld, Snel werkende telschakelingen met de decimale telbuis, Philips techn. T. **16**, 313-324, 1954.

[6]) J. J. van Zolingen, Gevoelige triggerschakelingen, Ned. T. Natuurk. **23**, 42-55, 1957.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

In de beschreven schakeling is de diode in de rusttoestand stroomloos. Elders zijn discriminatieschakelingen beschreven[7]) waarbij eveneens van een diode gebruik wordt gemaakt, maar deze laat in de rusttoestand een stroom door, die afhangt van het discriminatieniveau. De instelling van de buizen is daar gekoppeld met die van de diode, waardoor het punt van grootste steilheid meestal niet kan worden bereikt.

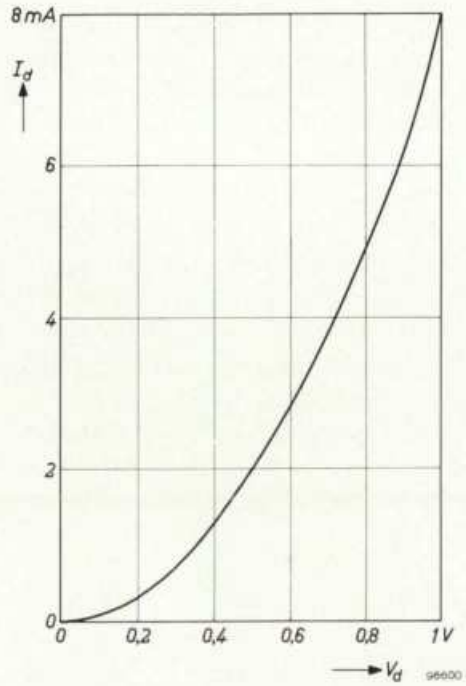


Fig. 3. Statische karakteristiek (stroom I_d als functie van de spanning V_d in de doorlaatrichting) van de germaniumdiode OA 85 (D_1 in fig. 2 en fig. 4).

In *fig. 4* zijn aan het schema enige details toegevoegd:

1) Als anode-impedantie van buis I fungeert een zelfinductie L_a van 10 μH met parallelgeschakelde dempketen, bestaande uit een diode D_2 met serieweerstand R_d. De door L_a met zijn parasitaire capaciteit gevormde trillingskring is door R_d-D_2 zodanig gedempt dat bij het stroomloos worden van buis I aan de anode een positieve impuls met één enkele negatieve doorzwaai ontstaat, zoals in fig. 4 bij de anode van I is getekend. Deze spanningsvorm is zodanig dat de ladingsverandering van de koppelcondensator C tot een minimum beperkt blijft.
2) Bovendien kan een eventuele extralading van C snel afvloeien via de zg. klampdiode D_3.
3) Daar het gelijkspanningverlies in L_a zeer klein is, wordt de diode D_1 in de rusttoestand geblokkeerd gehouden door de tegenspanning E_1, waarvan hier de polariteit tegengesteld is aan die in fig. 2. E_1 is regelbaar met de potentiometer P_1. Daarmee is het discriminatieniveau instelbaar van 12 tot 120 mV.

De onder (1) en (2) genoemde maatregelen verschaffen de schakeling de zo begerenswaardige eigenschappen van een discriminatieniveau en een dode tijd die uiterst weinig van de impulsdichtheid afhangen. Uit metingen, gedaan met statistisch verdeelde impulsen, is gebleken dat de schakeling een dode tijd van $1{,}8\times10^{-7}$ s $\pm$ 20% bezit. Deze waarde blijft binnen de waarnemingsfouten constant tot impulsdichtheden van $2{,}5\times10^{6}$ impulsen per seconde.

Fig. 5a geeft de tegenspanning E_1 als functie van de amplitude V_i der ingangsimpulsen waarbij de schakeling juist omslaat. Behalve in het laagste punt, is de afwijking van de lineariteit niet meer dan 2% van de lokale waarde. De meting is gedaan met impulsen van de in fig. 5*b* afgebeelde vorm: totale duur 10^{-7} s, stijgtijd 1×10^{-8} s, daaltijd 4×10^{-8} s (stijg- en daaltijd zijn gedefinieerd als de tijd die de impuls nodig heeft om van 10% tot 90% van zijn topwaarde te stijgen, resp. van 90% tot 10% te dalen). Dat de schakeling een grote bandbreedte heeft en dus in staat is om zeer kort durende impulsen te verwerken, volgt uit het feit dat voor impulsen volgens fig. 5*c* (totale duur $1{,}8\times10^{-8}$ s, stijg- en daaltijd $0{,}75\times10^{-8}$ s) de gevoeligheid slechts 25% kleiner was.

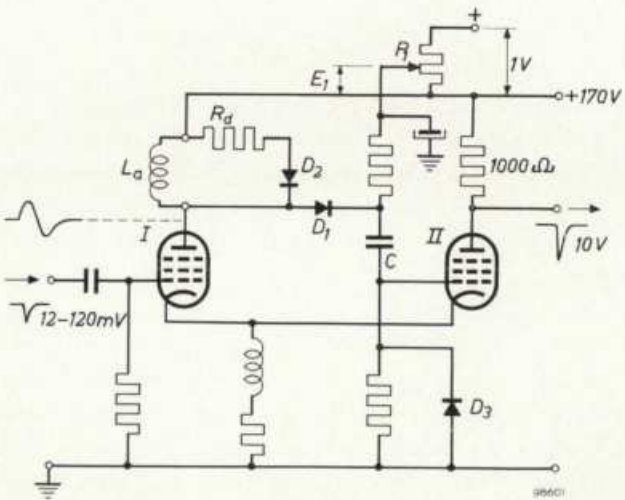


Fig. 4. Schema van de millivoltdiscriminator, met meer details dan in fig. 2. De buizen I en II zijn pentodes E 180 F, D_1 is een germaniumdiode OA 85. Buis I heeft als anode-impedantie een spoel L_a (zelfinductie 10 μH), parallel met de serieschakeling van een dempweerstand R_d en een diode D_2. Getekend is hoe een voldoend grote ingangsimpuls (≧12 mV) de anodespanning van I doet varieren. D_3 klampdiode, voor het snel afvoeren van lading van de koppelcondensator C. Met de potentiometer P_1 wordt de tegenspanning E_1 (0-1 V) ingesteld die D_1 blokkeert; daarmee is het discriminatieniveau instelbaar van 12 tot 120 mV. De uitgangsimpuls heeft een amplitude van 10 V over een anodeweerstand van 1000 ohm.

[7]) K. Kandiah, A sensitive pulse trigger circuit with a stable threshold, Proc. Instn. Electr. Engrs. **101-II**, 239-247, 1954. S. Barabaschi, C. Cottini en E. Gatti, High sensitivity and accuracy pulse trigger circuit, Nuovo Cimento Ser. X, **2**, 1042-1051, 1955.

Digitized by www.freeservicemanuals.info 2023

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Digitized by www.freeservicemanuals.info 2023

De grote bandbreedte en gevoeligheid zijn voornamelijk te danken aan het gebruik van pentodes met grote steilheid (E 180 F) en een capaciteitsarme diode (germaniumdiode OA 85). Temperatuurvariaties van 18 °C bleken nauwelijks waarneembare veranderingen in het discriminatieniveau te veroorzaken.

De uitgangsimpulsen hebben een amplitude van 10 V over een weerstand van 1000 ohm.

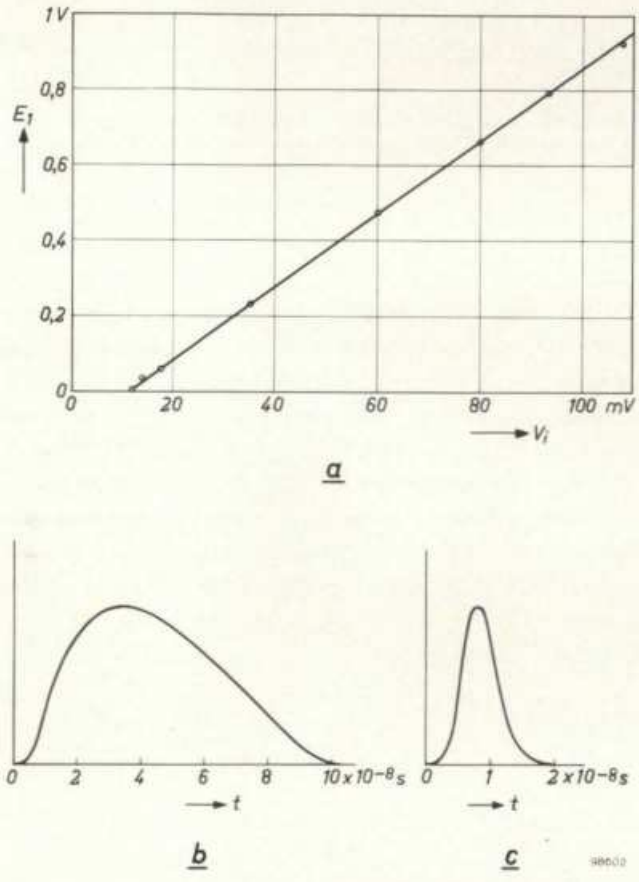


Fig. 5. *a*) Tegenspanning E_1 als functie van de amplitude V_i der ingangsimpulsen die de schakeling van fig. 4 juist doet omslaan. *b*) Vorm van de impulsen waarmee (*a*) is bepaald. *c*) Impulsvorm waarbij de schakeling slechts 25% minder gevoelig is.

Stabiliteit van de millivoltdiscriminator

Een indruk van de stabiliteit van de millivoltdiscriminator is verkregen uit proeven waarbij statistisch verdeelde impulsen werden gediscrimineerd die afkomstig waren van een scintillatieteller en een dichtheid van ca. 2×10^6 per seconde hadden. De opstelling bestond uit een antraceenkristal, dat op een fotomultiplicatorbuis was gemonteerd en tot scintilleren werd gebracht door de gammastraling van een ^{60}Co-bron. De impulsen van de fotomultiplicator werden direct toegevoerd aan de millivoltdiscriminator, waarvan het niveau was ingesteld op 30 mV. Gedurende een week zijn herhaaldelijk metingen gedaan, waarbij het genoemde discriminatieniveau correspondeerde met de impulshoogte aan de steile kant van het Compton-continuüm in het energiespectrum der elektronen die door de gammastralen werden vrijgemaakt [8]). Daarbij is gebleken dat het discriminatieniveau tot op 3% stabiel was, en deze kleine fluctuatie komt zeker niet ten volle voor rekening van de discriminator, maar moet den dele worden toegeschreven aan de fotomultiplicator, waarvan de versterking bij de optredende temperatuurvariaties niet constant zal zijn geweest.

De impulsdichtheidsmeters

Voor het omzetten van genormaliseerde impulsen in een gelijkstroom die evenredig is met de neutronenflux Φ, of met log Φ, is een integrerend element nodig. Wij gebruiken hiervoor een zg. pompcircuit (of een reeks pompcircuits). De uitgangsspanning van de zoëven besproken discriminator heeft echter niet de juiste vorm voor het voeden van een pompcircuit, zodat er tussen deze beide elementen een impulsvormer moet worden opgenomen. De bespreking hiervan stellen wij uit tot na die van de pompcircuits, omdat dan pas duidelijk zal zijn, aan welke eisen de impuls moet voldoen.

De grondvorm van het pompcircuit is weergegeven in *fig. 6*. Het bestaat uit de „voedingscondensator" C_1, de twee diodes D_4 en D_5, en de „buffercondensator" C_2 met parallelgeschakelde meter M, waarvan de weerstand R is. Aan de ingang worden per seconde n positieve rechthoekige impulsen met amplitude V toegevoerd. Indien elke impuls lang genoeg duurt, laadt hij via D_4 de condensator C_1 tot de spanning V. Na afloop van de impuls vloeit via D_5 een hoeveelheid lading van C_1 naar C_2, ter grootte van $C_1(V-U)$, waarin U de spanning over C_2 is. Indien de tijdconstante C_2R groot is ten op-

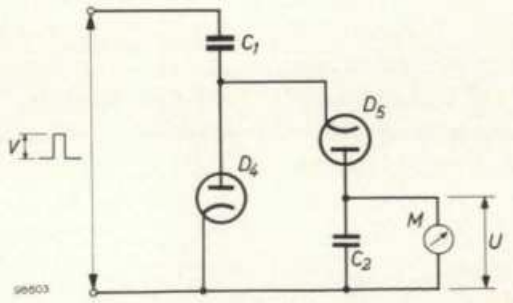


Fig. 6. Grondvorm van het pompcircuit. C_1 voedingscondensator. C_2 buffercondensator. D_4, D_5 diodes. M stroommeter.

[8]) Zie b.v.: J. A. W. van der Does de Bye, De scintillatieteller, Philips techn. T. **20**, 209-220, 1958 (no. 8).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

zichte van de periode $1/n$ van de impulsen, mag U worden beschouwd als een constante (rimpelvrije) spanning. De per seconde via D_5 aan C_2 toegevoerde lading bedraagt dus $nC_1(V-U)$, en deze stroom is in de evenwichtstoestand gelijk aan de stroom U/R die via de meter afvloeit. Uit deze gelijkheid volgt voor de uitgangsspanning U:

$$U = \frac{nC_1R}{1+nC_1R}V = \frac{n\tau}{1+n\tau}V, \quad . \quad . \quad (2)$$

als τ de tijdconstante C_1R is.

De lineaire inpulsdichtheidsmeter

Om de impulsdichtheid n op lineaire schaal te meten, moet men beschikken over een spanning die evenredig met n is. Blijkens (2) is de betrekking tussen U en n niet lineair. Ze is het echter met goede benadering wèl indien

$$n\tau \ll 1 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

Dan gaat (2) namelijk over in

$$U \approx n\tau V \ (\ll V) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

Is hieraan voldaan, en is tevens de amplitude V van de ingangsimpulsen constant, dan kan men dus de neutronenflux op lineaire schaal op de (draaispoel)-meter aflezen.

Het gebied van impulsdichtheden waarin de lineaire betrekking met voldoende benadering geldt, kan men aanzienlijk uitbreiden door een tegenkoppeling toe te voegen waarin een gelijkspanningsversterker is opgenomen zoals in *fig.* 7 is getekend. Aan de voorwaarde (3) voor lineariteit kan nu voldaan zijn zonder dat de spanningen U' en U'' (fig. 7) klein ten opzichte van V zijn. Er geldt nu:

$$U = U' + U''$$

en, als de versterker A-voudig versterkt:

$$U'' = -AU,$$

$$U' = (A+1)U.$$

U' en U'' zijn dus bijna even groot, maar tegengesteld van teken. Bij volle uitslag van de meter is U een factor A maal zo klein als in de schakeling van fig. 6, hetgeen betekent dat men tot veel grotere impulsdichtheden de gewenste lineariteit verkrijgt. Op de grootte van de uitslag heeft A vrijwel geen invloed mits $A \gg 1$ is, b.v. ≈ 500; immers U'', waarmee de uitslag evenredig is, is $-U'A/(A+1) \approx -U'$, dus praktisch onafhankelijk van A.

De lineaire impulsdichtheidsmeter van de KEMA-reactor is van zulk een tegenkoppeling voorzien.

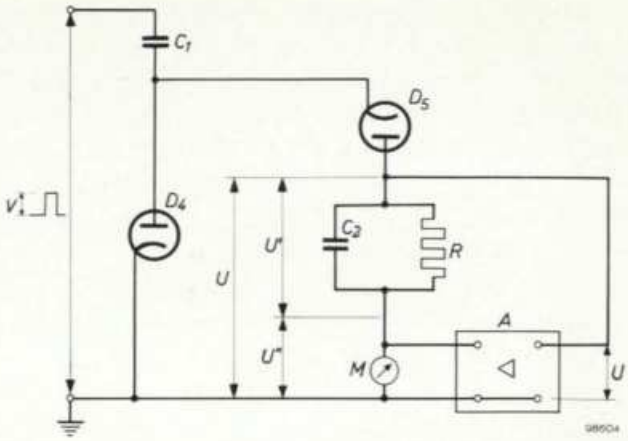


Fig. 7. Pompcircuit met tegenkoppeling via een gelijkspanningsversterker A, waardoor over een groter gebied van impulsdichtheden n de uitslag van de draaispoelmeter M lineair met n toeneemt.

De logaritmische impulsdichtheidsmeter

Om een impulsdichtheidsmeter met logaritmische schaal te krijgen, maken we gebruik van een aantal pompcircuits met tijdconstanten die een meetkundige reeks vormen, zoals aangegeven door Cooke Yarborough en Pulsford [9]) [10]). Nemen we b.v. drie pompcircuits met tijdconstanten resp. τ_0, $10\tau_0$ en $100\tau_0$, voeren we aan deze circuits dezelfde impulsen toe en tellen we de drie uitgangsspanningen bij elkaar op, dan blijkt dat de totale

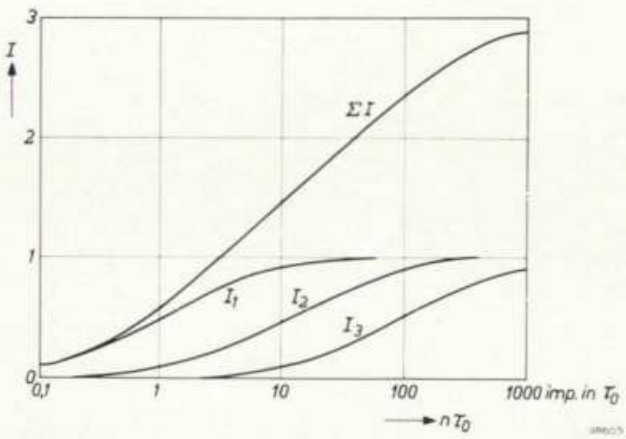


Fig. 8 Krommen I_1, I_2 en I_3: uitgangsstroom van pompcircuits met tijdconstanten τ_0, $10\tau_0$ en $100\tau_0$, als functie van het aantal impulsen $n\tau_0$ in de tijd τ_0. De som ΣI van I_1, I_2 en I_3 neemt over ca. twee decaden nagenoeg lineair met log n toe. Dit gebied wordt groter als men meer pompcircuits in cascade schakelt.

[9]) E. H. Cooke Yarborough en E. W. Pulsford, An accurate logarithmic counting-rate meter covering a wide range, Proc. Instn. Electr. Engrs. **98-II**, 196-203, 1951.

[10]) Voor andere methodes om een logaritmische schaal over vele decaden te krijgen, zie: F. E. L. ten Haaf, G. Klein en F. J. Schijff, Een meet-, regel- en beveiligingsinstallatie voor een kernreactor van het bassintype, II. Nadere bespreking van enige onderdelen, Philips techn. T. **19**, 289-301, 1957.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

uitgangsspanning nagenoeg lineair met de logaritme van de impulsdichtheid n toeneemt over een gebied van ca. twee decaden (*fig. 8*). (Schakeltechnisch is het gemakkelijker, de uitgangsstromen bij elkaar te voegen dan de -spanningen; fig. 8 heeft dan

In de praktijk kan men uiteraard slechts een beperkt aantal pompcircuits in cascade schakelen. Er zullen dan zowel bij kleine als bij grote impulsdichtheden afwijkingen van het logaritmische verband optreden. Het blijkt echter dat de afwijkingen aan-

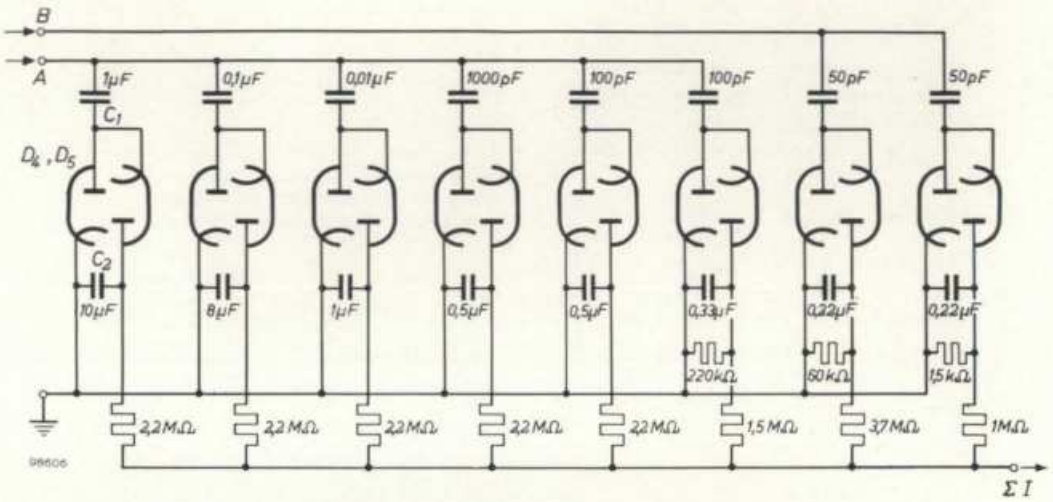


Fig. 9. De gebruikte schakeling met acht pompcircuits. Betekenis van C_1, C_2, D_4 en D_5 als in fig. 6. De impulsen die aan klem B worden toegevoerd, zijn ca. 15% groter dan de impulsen aan klem A. Rechts beneden de klem waaraan de totale uitgangsstroom ΣI wordt afgenomen. De buizen zijn dubbele diodes EAA 91.

ook betrekking op de stromen.) Met toenemend aantal pompcircuits wordt het gebied waarin bij benadering de totale stroom lineair met log n toenaamt, groter.

Is τ_r de tijdconstante van het $r$de pompcircuit, en verandert de impulsdichtheid van n tot αn, dan is de verandering δU_r in de uitgangsspanning van dit pompcircuit:

$$\delta U_r = \left(\frac{\alpha n\tau_r}{1+\alpha n\tau_r} - \frac{n\tau_r}{1+n\tau_r}\right) V,$$

waarin V weer de amplitude van de impulsen is.

We beschouwen nu een oneindig groot aantal in cascade geschakelde pompcircuits [9]), waarvan de uitgangsspanningen gesommeerd worden, en waarvan de tijdconstanten een meetkundige reeks met reden k vormen, zodat voor het $r$de circuit geldt:

$$\tau_r = \tau_0 k^r.$$

De verandering δU_0 van de totale uitgangsspanning wordt dan gegeven door:

$$\delta U_0 = \sum_{r=-\infty}^{r=+\infty} \delta U_r = \sum_{-\infty}^{+\infty} \left(\frac{\alpha n\tau_0}{k^{-r}+\alpha n\tau_0} - \frac{n\tau_0}{k^{-r}+n\tau_0}\right) V. \quad . \quad (5)$$

De uitkomst van deze sommatie is, als we $\log k = \lambda$ stellen:

$$\delta U_0 = \left[\frac{\log \alpha}{\lambda} - \frac{4\pi}{\lambda} \exp\left(\frac{-4\pi^2}{\lambda}\right) \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda} \log \alpha\right)\right] V. \quad . \quad (6)$$

De eerste term in het rechterlid van (6) levert de beoogde logaritmische betrekking tussen δU_0 en α. De tweede term is de afwijking hiervan. Deze term is relatief klein (van de orde van een fractie van 1%) en herhaalt zich periodiek van decade tot decade (dus met de periode log α, d.w.z. hetzelfde bedrag voor α, $k\alpha$, $k^2\alpha$, $k^3\alpha$, enz.).

zienlijk kleiner worden als men de impulsen die aan het laatste en het voorlaatste pompcircuit worden toegevoerd, een wat grotere amplitude geeft, b.v. 15% groter, dan de impulsen voor de andere circuits. Op deze wijze is het gelukt, met zes pompcircuits een gebied van vijf decaden te omvatten, en met acht pompcircuits een gebied van 6½ decade. *Fig. 9* geeft de schakeling voor dit laatste geval, met de waarden van weerstanden en capaciteiten. De schaal is hier logaritmisch van $n = 1$ tot $n = 3\times10^6$ impulsen per seconde, zoals de ijkkromme in *fig. 10* laat zien. Dank zij deze 6½ decade kan men gemakkelijk het verloop van de neutronenflux waarnemen

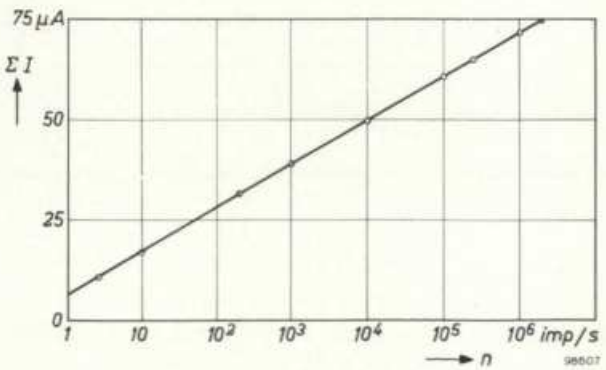


Fig. 10. De uitgangsstroom ΣI van de schakeling van fig. 9, als functie van de impulsdichtheid n. Het verband tussen ΣI en log n is vrijwel lineair (afwijking overal $< 10\%$ van de lokale waarde) over 6½ decade.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

vanaf het niveau waarop men de reactor begint op te regelen, tot aan het gebied waar de minder gevoelige neutronenfluxmeter begint aan te wijzen, die de stroom van een ionisatiekamer meet (zie het volgende artikel, IIIB).

In drie pompcircuits rechts in fig. 9 is een weerstand parallelgeschakeld met de buffercondensator C_2. Dit is gedaan om voedingscondensatoren C_1 van grotere capaciteit te kunnen gebruiken dan de waarde van slechts enkele picofarads die de betrekking (6) vereist; toevallige veranderingen in de parasitaire capaciteiten van de bedrading hebben dan minder invloed.

Door in de drie genoemde pompcircuits de capaciteit C_1 nog extra te vergroten, ontstaat voor statistisch verdeelde impulsen een zekere compensatie voor de telverliezen die het gevolg zijn van b.v. het eindige scheidend vermogen van de discriminator of van de impulsvormer. Aldus wordt de ijkkarakteristiek voor statistisch verdeelde impulsen gelineariseerd. Voor periodieke impulsen echter ontstaat dan een karakteristiek die bij zeer hoge herhalingsfrequenties enigszins gekromd is.

De impulsvormer

Zowel voor lineaire als voor logaritmische impulsdichtheidsmeters geldt dat de impulsen een constante amplitude moeten bezitten, onafhankelijk dus van de eigenschappen der buizen in de schakeling die de impulsen opwekt, en ook bij de grootste impulsdichtheden n die voorkomen.

Er is echter nog een eis waaraan de impulsen moeten voldoen voor de logaritmische teller, namelijk dat de impulsduur langer wordt naarmate n afneemt. Immers, hoe kleiner n, des te meer pompcircuits met voedingscondensator van grote capaciteit (de circuits links in fig. 9) tot de uitgangsstroom moeten bijdragen, en des te langer de tijd die nodig is om deze condensatoren geheel te laden.

De impulsen zoals de bovenbeschreven millivoltdiscriminator (fig. 4) die levert, voldoen zeker niet aan deze eis. Daarom wordt gebruik gemaakt van een bistabiele flip-flapschakeling, die een kanteelspanning levert; de gemiddelde breedte van de „kantelen" neemt automatisch toe naarmate er minder stuurimpulsen per seconde worden toegevoerd.

Zulk een door Cooke Yarborough en Pulsford beschreven flip-flapschakeling [9]) levert impulsen die geheel aan de gestelde eisen voldoen zolang n een waarde van ca. 10^5 impulsen per seconde niet te boven gaat. In ons geval echter komen ook waarden van n die meer dan een factor 10 maal zo groot zijn, en daarvoor is de genoemde schakeling niet bruikbaar te maken. Om deze reden is een geheel nieuwe, bijzonder snel werkende, flip-flapschakeling ontworpen. Deze wordt gebruikt in combinatie met een erachter geschakelde amplitudestabilisator, op zijn beurt gevolgd door een uitgangstrap; zie het blokschema *fig. 11*.

Wij geven nu een korte beschrijving van deze drie onderdelen.

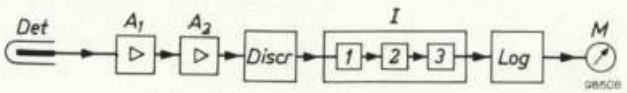


Fig. 11. Tussen de millivoltdiscriminator *Discr* en de impulsdichtheidsmeter *Log* is een impulsvormer *I* opgenomen. Deze bestaat uit drie secties: een snel werkende flip-flapschakeling *1*, een amplitudestabilisator *2* en een uitgangstrap *3*.

De snel werkende flip-flapschakeling

Het schema van de impulsvormer (iets vereenvoudigd) vindt men in *fig. 12*, waarvan het gedeelte *1* betrekking heeft op de flip-flapschakeling. Van deze schakeling wordt geëist dat ze een zeer korte dode tijd bezit ($< 10^{-7}$ s) en ook bij grote impulsdichtheden (enige miljoenen per seconde) nog betrouwbaar functioneert.

De dode tijd wordt verkort door verkleinen van alle in aanmerking komende tijdconstanten, i.c. de tijdconstante van de anode-impedanties en die van de koppelnetwerken tussen de buizen. Aan dit verkleinen wordt echter een grens gesteld doordat bij te kleine weerstands- of capaciteitswaarden de buizen elkaar niet meer afknijpen.

Bekend is het gebruik van „dirigeerdiodes" D_I en D_{II} aan de ingang. Deze leiden de aandrijvende negatieve impuls naar de gevoeligste plaats van de schakeling, namelijk naar het rooster van de buis die in geleidende toestand verkeert. Overschrijdt echter de impulsdichtheid een bepaalde waarde, dan krijgt de koppelcondensator C_c niet meer voldoende tijd om zich te ontladen. Daardoor stijgt de potentiaal van het punt Q, wat tot blokkering van de dirigeerdiodes leidt. Dit bezwaar is opgeheven door met behulp van de klampdiode D_c de potentiaal van Q vast te leggen, op een waarde die door middel van de potentiometer P_2 instelbaar is. Het gevolg is dat men tot veel grotere impulsdichtheden kan gaan. Voorzien van een dubbele triode E 92 CC met anodeweerstanden van 3300 ohm, bleek de schakeling nog betrouwbaar te werken met 15×10^6 periodieke impulsen per seconde [11]).

---

[11]) Door gebruik van een dubbele triode E 88 CC (die een grotere steilheid heeft dan de E 92 CC), met anodeweerstanden van 1200 ohm en daarbij aangepaste koppelnetwerken, is het zelfs gelukt, 30×10^6 periodieke impulsen per seconde te tellen.

Digitized by www.freeservicemanuals.info 2023

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

De amplitudestabilisator

Sectie *2* van fig. 12 is het schema van de amplitudestabilisator. De door de flip-flapschakeling *1* geleverde kanteelspanning knijpt beurtelings één van de twee pentodes E 180 F af. De stroom die door de andere buis E 180 F loopt, is geheel bepaald door

De uitgangstrap van de impulsvormer

Als men de pompcircuits direct op de amplitudestabilisator aansloot, zouden ze een zodanige capacitieve belasting vormen dat de flanken van de impulsen niet steil genoeg meer waren om de impulsen bij snelle opeenvolging een vlakke top en een con-

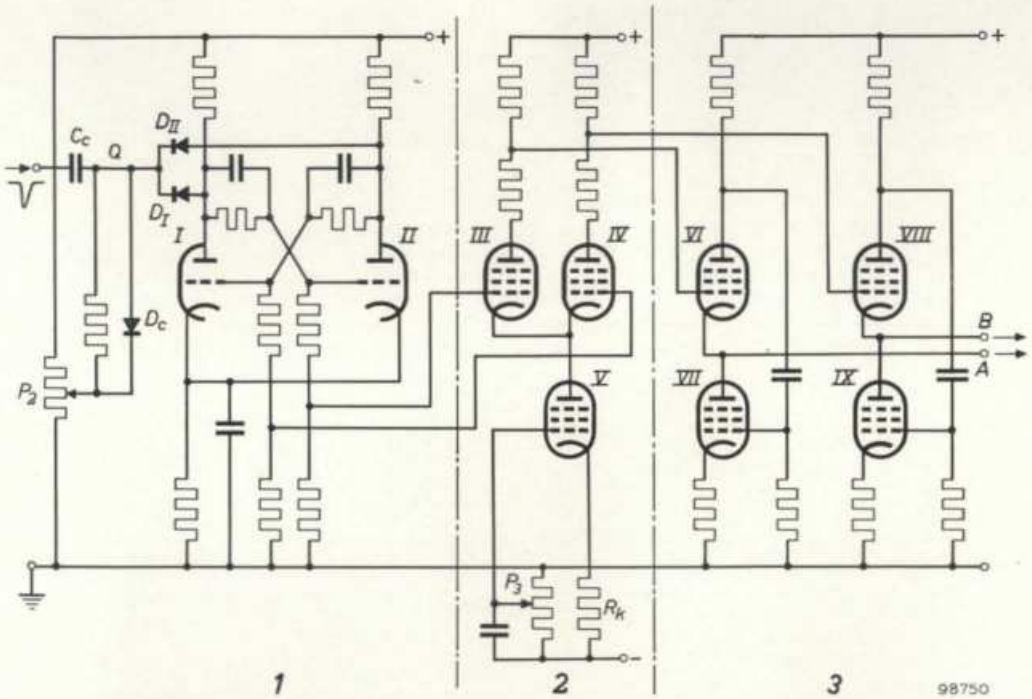


Fig. 12. Schakeling van de impulsvormer *I* van fig. 11 (iets vereenvoudigd).
Sectie *1*: snelle flip-flapschakeling. *I-II* dubbele triode E 92 CC; één helft laat stroom door, de andere helft niet. D_I, D_{II} dirigeerdiodes, die de binnenkomende negatieve impulsen leiden naar het rooster van de stroomvoerende buishelft. (Stel, *I* is stroomloos, *II* geleidend. Dan heeft *I* een hogere anodespanning dan *II*, zodat diode D_I open is en diode D_{II} geblokkeerd. Een negatieve impuls komt dus op de anode van *I*, d.w.z. via de bijbehorende koppelcondensator op het rooster van *II*.) D_c klampdiode, die de potentiaal van het punt *Q* vastlegt op een met de potentiometer P_2 instelbare waarde; dit voorkomt blokkering van de dirigeerdiodes bij zeer grote impulsdichtheden.
Sectie *2*: amplitudestabilisator. De door de flip-flapschakeling geleverde impulsen besturen de buizen *III* en *IV* (pentodes E 180 F) zodanig dat steeds één van deze buizen stroom doorlaat en de andere niet. De grootte van de stroom wordt bepaald door de buis *V* (pentode EF 80) met katodeweerstand R_k, en is instelbaar met de potentiometer P_3. Aan aftakkingen op de anodeweerstanden worden spanningsimpulsen van constante amplitude afgenomen.
Sectie *3*: uitgangstrap, bestaande uit twee katodevolgers van White (buizen *VI-VII* en *VIII-IX*, alle pentodes EL 83). Deze katodevolger heeft de eigenschap dat de effectieve ingangscapaciteit en de uitgangsimpedantie zeer klein zijn. De uitgangsimpulsen van *VIII-IX* zijn 15% groter dan die van *VI-VII* (vgl. fig. 9).

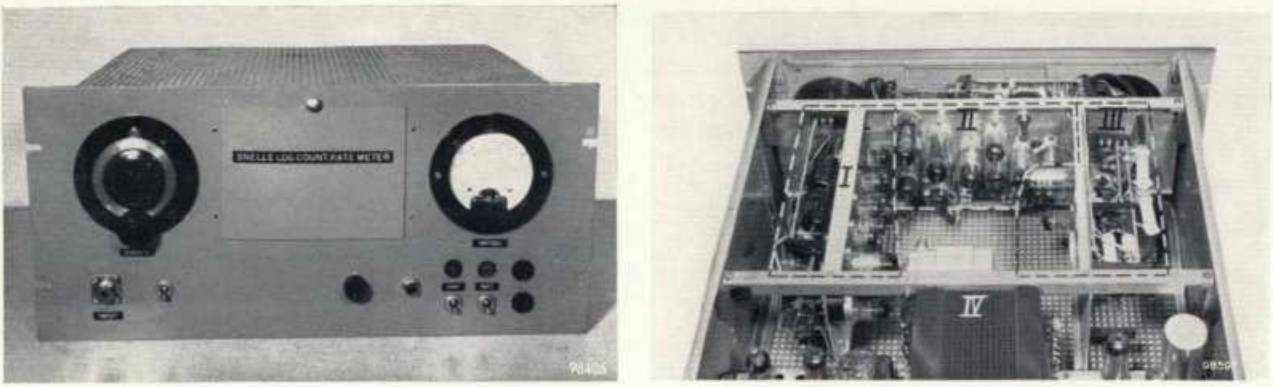
een derde pentode (een EF 80), die in de gemeenschappelijke katodeleiding van de buizen E 180 F is opgenomen. Deze derde buis fungeert als bron van constante stroom (mede dank zij de niet-ontkoppelde katodeweerstand R_k, die een tegenkoppeling introduceert); de grootte van de stroom is instelbaar met de potentiometer P_3. Doordat de stroom die door één van de beide buizen E 180 F loopt, aldus nauwkeurig vastligt, is ook het spanningsverlies dat hij in de bijbehorende anodeweerstand veroorzaakt, constant. Dit betekent dat de uitgangsimpulsen een constante amplitude hebben.

stante amplitude te doen behouden. Om deze reden moet er achter de amplitudestabilisator een uitgangstrap worden geschakeld die enerzijds een zeer geringe capacitieve belasting voor de amplitudestabilisator vormt en anderzijds een kleine uitgangsimpedantie heeft.

In beide opzichten voldoet bijzonder goed de naar White genoemde katodevolger met twee buizen in serie (zie sectie *3* van fig. 12), i.c. twee pentodes EL 83; deze eindbuizen zijn nodig voor het leveren van een kanteelspanning met 30 V amplitude. Voor de effectieve ingangscapaciteit C_i geldt hier

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



a *b*

Fig. 13. Bij de KEMA ontwikkeld en geconstrueerd impulstelkanaal met logaritmische schaal. *a*) Voorzijde, met links de knop van de potentiometer voor het instellen van het discriminatieniveau, en rechts de meter met een logaritmische schaal van 6½ decade. *b*) Het inwendige, met de pompcircuits *I*, de impulsvormer *II*, de discriminator *III* en het voedingsgedeelte *IV*.

namelijk:

$$C_i = (1-A)C,$$

als C de „geometrische" ingangscapaciteit is en A de versterking. Aangezien deze laatste voor een katodevolger iets kleiner dan 1 is, is C_i veel kleiner dan C. En wat de uitgangsimpedantie Z_0 betreft, deze is gegeven door

$$Z_0 = \frac{R_i(R_i+R_a)}{(S^2R_i^2+SR_i+1)R_a+(SR_i+2)R_i},$$

waarin R_i de inwendige weerstand en S de steilheid van de buizen zijn, en R_a de anodeweerstand is. Substitueert men in deze formule voor R_i en S de waarden die voor de EL 83 gelden, dan blijkt dat men R_a zo kan kiezen dat Z_0 een zeer kleine waarde aanneemt, van de orde van een tiental ohms. Zulk een waarde is ruimschoots klein genoeg voor het voeden van een reeks pompcircuits, zelfs indien het blokspanningen betreft met stijg- en daaltijden van ca. 4×10^{-8} s.

Prestaties van het logaritmische impulstelkanaal

Het zal duidelijk zijn dat met de zojuist beschreven impulsvormer en pompcircuits zowel lineaire als logaritmische impulsdichtheidsmeters zijn samen te stellen die tot zeer grote impulsdichtheden gaan. IJkingen hebben dit bevestigd. Voor het logaritmische instrument b.v., gevoed met impulsen uit een scintillatieteller, hebben we reeds in fig. 10 gezien dat het lineaire verband tussen de uitslag en log n nog geldt bij $n = 3\times10^6$ impulsen per seconde. De afwijkingen van de lineariteit in het gehele gebied van 6½ decade zijn nergens groter dan 10% van de lokale waarde.

Deze logaritmische impulsdichtheidsmeter leent zich in combinatie met de daarvóór beschreven millivoltdiscriminator zeer goed voor het meten van de neutronenflux in een kernreactor. *Fig. 13a* en *b* tonen deze apparatuur zoals ze bij de KEMA-reactor in gebruik is.

De neutronendetector zelf dient natuurlijk in staat te zijn, impulsen in het genoemde hoge tempo af te geven. De detector met ^{10}B is dit niet, wèl echter de splijtingstelbuis. Het bezwaar dat tussen deze telbuis en een discriminator van het conventionele type een ca. 10^5-voudige versterking nodig is, komt met de bovenbeschreven apparatuur te vervallen; de versterking (in fig. 1 dus van A_1 en A_2 samen) behoeft dan namelijk nog maar 100-voudig te zijn.

Samenvatting. Beschreven worden de impulstelkanalen die in combinatie met een neutronendetector worden gebruikt voor het meten van de neutronenflux in de subkritische suspensiereactor van de KEMA te Arnhem. Verschillende onderdelen van de schakeling zijn ontwikkeld en geconstrueerd in het KEMA-laboratorium, zoals de „millivoltdiscriminator", die reeds met impulsen vanaf 12 mV betrouwbaar werkt bij dichtheden van enige miljoenen impulsen per seconde, en een verbeterde snelle flip-flapschakeling in de impulsvormer, die in staat is om 15 miljoen periodieke impulsen per seconde te verwerken. Als lineaire integrator wordt één zg. pompcircuit gebruikt, en als logaritmische integrator een achttal pompcircuits in cascade. Bij deze laatste bestaat tussen de uitslag van de meter en de impulsdichtheid n een logaritmisch verband, dat zich uitstrekt van $n = 1$ tot $n = 3\times10^6$ impulsen per seconde (6½ decade). Deze eigenschap maakt de impulsdichtheidsmeter zeer geschikt voor het observeren van het toenemen van de neutronenflux in een kernreactor die gestart wordt.

Digitized by www.freeservicemanuals.info 2023

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Digitized by www.freeservicemanuals.info 2023

IIIB. HET METEN VAN GROTE NEUTRONENFLUX MET BEHULP VAN EEN ELEKTROMETER

door M. van TOL.

621.039.564.2:621.039.524.46

Onder „grote" neutronenfluxwaarden worden in het geval van de subkritische suspensiereactor van de KEMA [1]) verstaan de fluxwaarden van ca. 2×10^3 tot ca. 2×10^6 neutronen per cm² per seconde, overeenkomend met een ontwikkeld vermogen van 1 mW tot 1 W. Gemeten wordt de gelijkstroom, geleverd door een ionisatiekamer die gevuld is met gasvormig boriumtrifluoride ($^{10}BF_3$) [2]).

Bij het ontwerpen van de meetinrichting golden de volgende uitgangspunten:

1) Bij een neutronenflux van 2000 neutronen per cm² per seconde levert de ionisatiekamer een stroom van 2×10^{-11} A.
2) Deze stroom — de kleinste die men nog wil kunnen meten — moet een goed afleesbare uitslag geven. Hiervoor is gekozen: 4 schaaldelen op een lineaire schaal met 100 als eindwaarde.
3) Op grond van veiligheidsoverwegingen moet de neutronenfluxmeter blijven werken indien de netspanning wegvalt.
4) Om dezelfde reden moet de installatie in tweevoud worden uitgevoerd, met volledige wederzijdse onafhankelijkheid van de twee exemplaren.
5) Elk van de twee exemplaren moet tevens kunnen dienen om via een servomechanisme de stand van een regelstaaf te variëren en zo de neutronenflux constant te houden.
6) Beide exemplaren moeten zo zijn ingericht dat er een registrerend instrument en een op afstand geplaatste aanwijzende meter op aan te sluiten zijn.
7) De reactor moet binnen 0,5 s worden stopgezet indien zich een van de volgende gevallen voordoet:
   a) de neutronenflux overschrijdt een bepaalde waarde,
   b) de netspanning valt weg,
   c) de spanning over de ionisatiekamers valt weg,
   d) in de neutronenfluxmeters zelf treedt een storing op.

Hieronder wordt op sommige van deze punten nader ingegaan.

[1]) J. J. Went, De instrumentatie voor een subkritische homogene suspensierecator, I. Motivering van de keus van een homogene suspensiereactor, Philips techn. T. **21**, 85-97, 1959 (no. 4).

[2]) Zie de reactievergelijking (1) in het artikel IIIA van deze reeks (blz. 137).

Elektrometer met trilcondensator

Voor het meten van de gelijkstroom, die van de orde van 10^{-11} tot 10^{-7} A is, wordt gebruik gemaakt van een elektrometer volgens een in dit tijdschrift beschreven principe [3]). De te meten stroom doorloopt een weerstand R_1 van hoge weerstandswaarde. De gelijkspanning die over R_1 ontstaat, wordt omgezet in een wisselspanning met behulp van een trilcondensator. Dit is een uit twee platen bestaande luchtcondensator, waarvan de ene plaat stilstaat en de andere in trilling wordt gehouden. Indien op de trilcondensator een lading is aangebracht — die evenredig is met de spanning over R_1 — ontstaat over de condensator een wisselspanning (vgl. de werking van de condensatormicrofoon). De wisselspanning wordt versterkt en gelijkgericht, en geeft aan de uitgang aanleiding tot een gelijkstroom, die een draaispoelmeter doet uitslaan. De uitslag is een lineaire maat voor de neutronenflux. De trilcondensator wordt aangedreven door een soort luidsprekersysteem, gevoed door een oscillator; de frequentie is hier 140 Hz. Het principeschema ziet men in *fig. 1*.

Het is natuurlijk ongewenst dat veranderende voedingsspanningen en buiseigenschappen invloed hebben op de gevoeligheid. Daarom is een sterke tegenkoppeling toegepast: een zekere fractie β van de uitgangsgelijkspanning E_2 wordt met tegengesteld teken toegevoegd aan de te meten gelijkspanning E_1, die over de hoge weerstand R_1 staat. De in wisselspanning omgezette gelijkspanning bedraagt dus $E_1 - \beta E_2 = E_1'$. Stellen we de verhouding $E_2/E_1' = A'$, dan volgt uit een eenvoudige berekening voor de uiteindelijk bereikte versterking $E_2/E_1 = A$:

$$A = \frac{E_2}{E_1} = \frac{A'}{1 + \beta A'}.$$

Indien $\beta A'$ (de „rondgangsversterking") groot ten opzichte van 1 is, geldt met goede benadering:

$$A \approx \frac{1}{\beta},$$

zodat de uiteindelijke versterking A nagenoeg onafhankelijk is van de versterking A' der buizen-

[3]) J. van Hengel en W. J. Oosterkamp, Een dynamische elektrometer met directe aanwijzing, Philips techn. T. **10**, 338-346, 1948.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

schakeling, die met de voedingsspanningen en buiseigenschappen varieert. In ons geval is $\beta A' = 50$ gekozen, waarmee een grote constantheid van A gewaarborgd is.

De waarden van β en A' afzonderlijk volgen uit de extreme waarden van E_1 en E_2. De kleinste stroom die men nog wil kunnen meten, 2×10^{-11} A, moet een uitslag van 4 schaaldelen geven. Derhalve correspondeert de volle uitslag, 100 schaaldelen, met een stroom van $25\times2\times10^{-11} = 5\times10^{-10}$ A. Deze verwekt over de weerstand R_1, die we hiervoor = 200 MΩ kiezen, een spanning $E_1 = 0{,}10$ V. Anderzijds is de uitgangsgelijkspanning E_2 die nodig is om de meter tot het eind van de schaal te doen uitslaan, 2 V. Derhalve moet de totale versterking bedragen: $E_2/E_1 = 20$. Daartoe moet $^1/_{20}$ van de uitgangsspanning worden tegengekoppeld. Aangezien $\beta A' = 50$ was gekozen, moet de versterking A' (nominaal) 1000 bedragen.

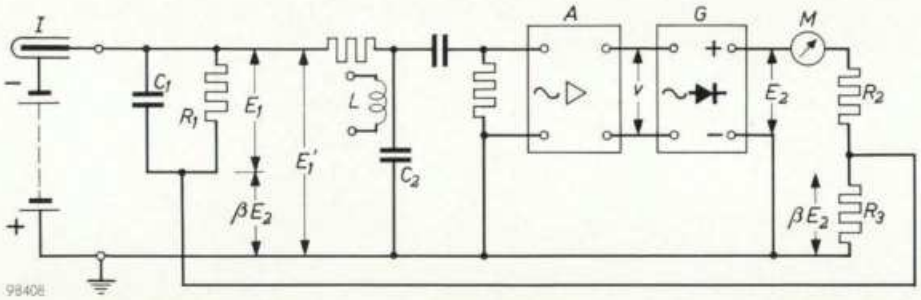


Fig. 1. Principeschema van de meter voor grote neutronenflux. I ionisatiekamer. R_1 weerstand van max. 200 MΩ, met parallelgeschakelde capaciteit C_1 ter afvlakking van de spanningsfluctuaties die veroorzaakt worden door de statistische fluctuaties in de neutronenflux. C_2 trilcondensator met aandrijfspoel L. A wisselspanningsversterker (met twee pentodes EF 40 in cascade). G gelijkrichter (met zodanige schakeling dat de uitgangsgelijkspanning E_2 afhangt van de polariteit van de ingangswisselspanning v; zie het in [3]) aangehaalde artikel, fig. 4 en bijbehorende tekst). M draaispoelmeter. R_2-R_3 spanningsdeler, waarvan de tegenkoppelspanning βE_2 wordt afgetakt.

Meetgebieden

Zoals boven is vermeld, beslaat het gebied van grote neutronenflux drie decaden. Daar de schaal lineair is, moest dit gebied worden onderverdeeld, en wel in zes meetgebieden. In al deze meetgebieden geldt dat de constantheid dezelfde moet zijn ($\beta A' = 50$) en dat voor volle uitslag een waarde $E_2 = 2$ V is vereist.

De zoëven genoemde waarden $\beta = {}^1/_{20}$, $A' = 1000$ en $R_1 = 200$ MΩ gelden voor het meetgebied met de grootste gevoeligheid (stand I): volle uitslag bij 5×10^{-10} A. In de standen II en III is β een factor $\sqrt{10}$ resp. 10 groter, de gevoeligheid derhalve een zelfde factor kleiner, zodat de stroom die de meter tot het eind van de schaal doet uitslaan, nu $1{,}6\times10^{-9}$ A resp. 5×10^{-9} A bedraagt. Tegelijk met het vergroten van β wordt A' met een even grote factor verkleind, zodat het produkt $\beta A'$ constant blijft.

In de standen IV, V en VI hebben β en A' dezelfde waarde als resp. in de standen I, II en III, maar de waarde van de weerstand R_1 is verkleind tot $200/(10\sqrt{10})$ MΩ. Bij de kleinste gevoeligheid (stand VI) wordt derhalve volle uitslag verkregen met een stroom van $10\sqrt{10}\times5\times10^{-9} = 1{,}6\times10^{-7}$ A.

Details van de spanningsdeler R_2-R_3 (fig. 1), waarop de tegenkoppelspanning βE_2 wordt afgetakt, vindt men in *fig. 2*. Hierin is tevens aangegeven hoe is voorzien in de levering van een spanning die voor het beveiligingssysteem nodig is (zie artikel IV), en in een aansluiting voor een registrerend

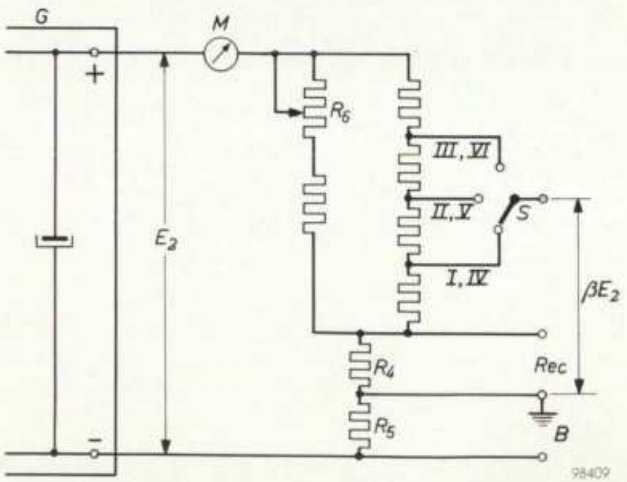


Fig. 2. Details van de spanningsdeler R_2-R_3 (fig. 1). G gelijkrichter. M draaispoelmeter. S meetgebiedschakelaar: $\beta = 1/20$ in de standen I en IV, $\beta = (\sqrt{10})/20$ in de standen II en V, $\beta = 10/20$ in de standen III en VI. Parallel met de lage weerstand R_4 kan een registrerende meter *Rec* worden aangesloten. De spanning over R_5 stelt bij overschrijding van bepaalde grenzen het beveiligingssysteem in werking (zie artikel IV), dat bij B wordt aangesloten. R_6 correctieweerstand.

Digitized by www.freeservicemanuals.info 2023

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Digitized by www.freeservicemanuals.info 2023

instrument; dit laatste kan zijn ingericht voor het doen functioneren van een servomechanisme dat de stand van een regelstaaf zodanig varieert dat de neutronenflux constant blijft.

IJkinrichting

Neutronenfluxmeters zijn de voornaamste instrumenten waarmee men de werking van een kernreactor controleert. Alleen om deze reden al is het wenselijk dat men te allen tijde in staat is om na te gaan of deze meetinstrumenten op de juiste wijze werken. Dit klemt te meer indien — zoals bij de KEMA-reactor — de neutronenfluxmeters tevens het signaal leveren dat het beveiligingssysteem in werking moet stellen wanneer er gevaar dreigt.

De beschreven neutronenfluxmeter is dan ook voorzien van een ijkinrichting, waarmee men gedurende korte tijd een bekende stroom door de meetweerstand R_1 van 200 MΩ kan sturen. Voor het verkrijgen van deze stroom wordt gebruik gemaakt van de eigenschap van een pentode dat bij constante stuurrooster- en constante schermroosterspanning de anodestroom in een groot gebied van de anodespanning nagenoeg niet van de anodespanning afhangt.

Het principe van de ijkinrichting is vereenvoudigd weergegeven in *fig. 3*. Fig. 3*a* laat zien hoe een condensator C_3 van 50 μF wordt geladen, die tijdens het ijken (fig. 3*b* en *c*) dienst doet als anodestroombron van een pentode EF 40, waarvan de stuurrooster- en de schermroosterspanning constant zijn.

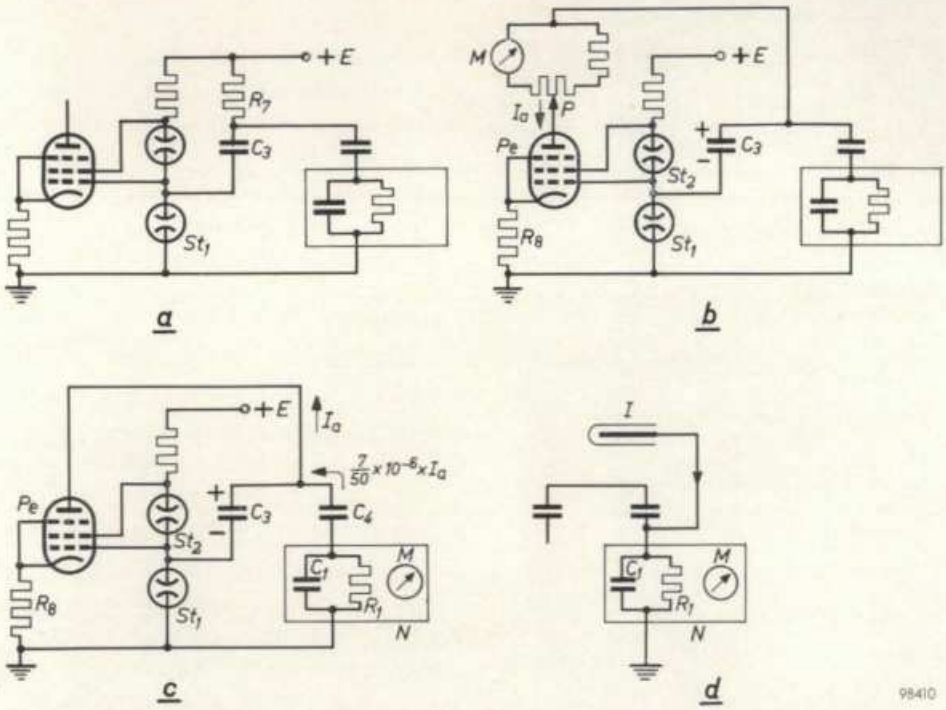


Fig. 3. IJkinrichting van de neutronenfluxmeter.
a) Via de weerstand R_7 en de spanningsstabiliseerbuis St_1 wordt de condensator C_3 (50 μF) uit de gelijkspanningsbron E geladen.
b) De geladen condensator C_3 voedt nu de anodeketen van de pentode Pe (EF 40), waarvan stuurrooster- en schermroosterspanning constant worden gehouden door de stabiliseerbuizen St_1 en St_2, en waarvan de katodeweerstand R_8 bijdraagt tot het constant houden van de anodestroom I_a. Deze stroom (ca. 200 μA) loopt door de parallelschakeling van de draaispoelmeter M (die daartoe geheel van de neutronenfluxmeter is afgeschakeld) en een shunttak. De potentiometer P is eens voor al zo ingesteld dat M een bepaalde uitslag geeft.
c) I_a verdeelt zich over de condensatoren C_3 (50 μF) en C_4 (7 pF) van een capacitieve verzwakker. De stroom door C_4 is $(7/50)\times10^{-6}\times I_a$ en loopt door de weerstand $R_1 = 200$ MΩ van de neutronenfluxmeter N, waarvan de draaispoelmeter M nu dezelfde uitslag moet hebben als bij (*b*).
d) De neutronenfluxmeter is nu aangesloten op de ionisatiekamer I, de ijkinrichting is buiten werking.

Tijdens het ontladen met ca. 200 μA, zoals dit in de ijkstanden volgens fig. 3*b* en *c* gebeurt, daalt de condensatorspanning natuurlijk. Gedurende ca. 12 seconden heeft dit echter geen merkbare invloed op de anodestroom, dank zij de genoemde pentode-eigenschap (en mede ook dank zij de tegenkoppeling, die door de katodeweerstand R_8 tot stand wordt gebracht). In de ijkstand volgens fig. 3*c* zorgt een capacitieve verzwakker C_3-C_4 ervoor dat een bepaalde fractie $(^7/_{50}\times10^{-6})$ van de genoemde stroom als ijkstroom door R_1 vloeit.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

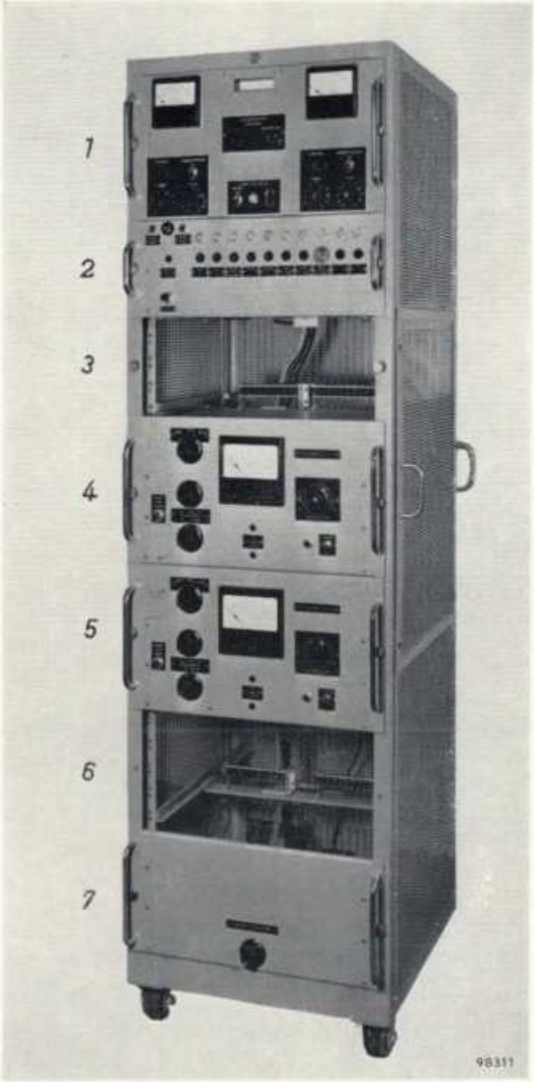


Fig. 4. De door Philips gemaakte meet-, regel- en beveiligingsapparatuur voor de subkritische suspensiereactor van de KEMA. De vakken *1-7* bevatten het volgende:
Vak *1*: Hoogspanningsgelijkrichters en vergelijkingsschakeling (met lichtrelais) voor de spanningen op de ionisatiekamers (zie artikel IV van deze reeks).
Vak *2*: Beveiligingsschakelingen, en signaallampjes die aangeven welke beveiligingsschakeling het eerst heeft gewerkt (zie artikel IV).
Vak *3*, hier open, is bestemd voor de bedieningsorganen van de temperatuurregelaar [5]).
Vakken *4* en *5*: Neutronenfluxmeters volgens het elektrometersysteem, in duplo.
Vak *6*, hier open, is gereserveerd voor eventuele uitbreiding.
Vak *7*: Apparatuur voor de temperatuurbeveiliging (zie artikel IV).

Het ijken gaat als volgt in zijn werk. Nadat men volgens fig. 3*a* de condensator C_3 heeft geladen, schakelt men over op het schema fig. 3*b*. C_3 ontlaadt zich nu met een door de pentode constant gehouden stroom I_a van omstreeks 200 μA. Deze vloeit ten dele door de draaispoelmeter M (fig. 1), die daartoe geheel van de neutronenfluxmeter is afgeschakeld. Een eens voor al ingestelde regelbare shunt (potentiometer P) zorgt ervoor dat de meter een geschikte uitslag krijgt. Vervolgens schakelt men over op het schema fig. 3*c*. De meter (met onveranderde shunt) is nu weer op de gewone wijze in de uitgangskring van de neutronenfluxmeter opgenomen, en de constante stroom I_a verdeelt zich over de condensatoren C_3 ($= 50$ μF) en C_4 ($= 7$ pF). Het gedeelte dat via C_4 loopt, bedraagt derhalve $^7/_{50} \times 10^{-6} \times I_a$; het wordt door de ingang van de neutronenfluxmeter geleid en doet dus de meter M uitslaan. De verhouding C_3:C_4 van de capacitieve verzwakker is zo gekozen dat de uitslag, indien de neutronenfluxmeter geheel in orde is, even groot is als in het geval van fig. 3*b*. Fig. 3*d* ten slotte geeft de toestand bij het meten van de neutronenflux weer, met afgeschakelde ijkinrichting.

Veranderende contactpotentialen kunnen er oorzaak van zijn dat de meter M al uitslaat nog zonder dat er aan de neutronenfluxmeter een stroom wordt toegevoerd. Deze fout kan worden gecompenseerd door middel van een potentiometer, waarmee men een kleine regelbare gelijkspanning in serie met de trilcondensator toevoegt.

Voeding

Ieder van de twee exemplaren van de in duplo uitgevoerde neutronenfluxmeter wordt gevoed uit een eigen accu van 6 V, zodat ze geheel onafhankelijk van het net en onafhankelijk van elkaar werken. De accu levert rechtstreeks de gloeistroom, en ook de stroom voor een motor-generator, die een voedingsgelijkspanning van 300 V opwekt.

De ionisatiekamers hebben een gelijkspanning van ca. 2500 V nodig. Deze wordt verkregen op analoge wijze als de hoogspanning voor de weergeefbuis van een televisie-ontvanger [4]): een oscillator levert een hoogfrequente spanning; deze wordt omhoog getransformeerd, gelijkgericht en afgevlakt tot een gelijkspanning van 2500 V. Een deel van deze spanning wordt vergeleken met een referentiespanning, en het verschil doet dienst als regelspanning voor de oscillator. Deze laatste wordt gevoed uit de accu en de motor-generator.

Fig. 4 toont de door Philips gemaakte apparatuur, die de hier besproken neutronenfluxmeter in duplo omvat, alsmede een beveiligingssysteem. Voor dit laatste verwijzen wij naar het volgende artikel.

Samenvatting. Beschrijving van de meetinrichting waarmee bij de subkritische suspensiereactor van de KEMA neutronenfluxwaarden van ca. 2×10^3 tot 2×10^6 neutronen per cm² per seconde worden bepaald. Hiertoe dienen een ionisatiekamer en een elektrometer met trilcondensator. De elektrometer is sterk tegengekoppeld (rondgangsversterking 50) en heeft zes meetgebieden; de schaal is lineair. De kleinste en de grootste stroom die volle uitslag geven, bedragen 5×10^{-10} resp. $1{,}6 \times 10^{-7}$ A. Er is een ijkinrichting aangebracht, waarmee men de werking te allen tijde kan controleren. De neutronenfluxmeter is in duplo aanwezig; elk exemplaar wordt gevoed uit een eigen accu.

---

[4]) Zie b.v. Philips techn. T. **10**, 157, 1948 of **14**, 1, 1952.
[5]) B. L. A. van der Schee en M. van Tol, De instrumentatie voor een subkritische homogene suspensiereactor, II. Meting en regeling van werkparameters, Philips techn. T. **21**, 98-111, 1959 (no. 4).

Digitized by www.freeservicemanuals.info 2023
Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Digitized by www.freeservicemanuals.info 2023

IV. DE BEVEILIGINGSSCHAKELING

door F. J. SCHIJFF. 621.039.524.46:621.039.587

Beveiligingssysteem met veiligheidsstaven

Kernreactoren moeten voorzien zijn van een beveiligingssysteem ter voorkoming van de fatale gevolgen die fouten in de bediening of defecten in de apparatuur zouden kunnen hebben. Wanneer b.v. de neutronenflux in de reactor te groot wordt of te snel toeneemt, de temperatuur te hoog oploopt, een neutronenfluxmeter geen uitslag geeft, of er een andere abnormaliteit optreedt, moet de reactor automatisch worden stopgezet. Dit gebeurt in de regel door snel in de reactor neerlaten van staven van neutronenabsorberend materiaal (veiligheidsstaven), waardoor de kettingreactie geen voortgang kan hebben, resp. het ontstaan van een kettingreactie wordt belet. Volgens een gebruikelijke constructie zijn de veiligheidsstaven opgehangen aan elektromagneten (*fig. 1a*); wordt de bekrachtigingsstroom van de magneten verbroken, dan vallen de veiligheidsstaven in de reactor. Het verbreken van de magneetstromen gebeurt door relais, die op de abnormaliteiten waartegen men de reactor wenst te beveiligen, reageren. Een beveiligingsinrichting van dit type is reeds in dit tijdschrift beschreven [1]).

Ook de subkritische suspensiereactor van de KEMA [2]) is op deze wijze beveiligd. Er zijn hier drie veiligheidsstaven van boriumcarbide aangebracht, waarvan er één tevens dienst doet als regelstaaf. Deze staven vallen hier niet *in* het reactorvat, maar dicht ernaast, in de neutronenreflector; zie fig. 5 van het in [2]) aangehaalde artikel I.

Zowel voor het nauwkeurig meten van de verschillende grootheden (neutronenflux, temperatuur, enz.) als voor het beveiligen heeft men opnemers nodig, die de desbetreffende grootheid omzetten in een elektrisch signaal. In principe kunnen voor beide doeleinden dezelfde opnemers dienst doen. Bij voorkeur geeft men echter het beveiligingssysteem eigen opnemers. De opnemers voor het nauwkeurig meten maken namelijk deel uit van een ge-

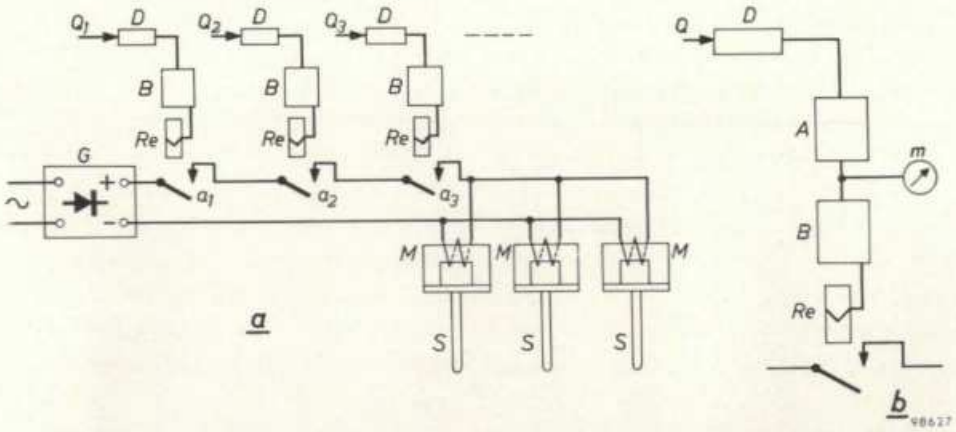


Fig. 1. *a*) Principeschema van een beveiligingsschakeling voor een kernreactor. De opnemers *D* voor de grootheden Q_1, Q_2, Q_3, ... (neutronenflux, temperatuur, enz.) leveren een signaal aan de schakelingen *B*, die elk een relais *Re* bekrachtigen. Via de relaiscontacten a_1, a_2, a_3, ... bekrachtigt de gelijkrichter *G* de elektromagneten *M*, waaraan de veiligheidsstaven *S* hangen. Bereikt één van de grootheden *Q* een kritische waarde, dan valt het bijbehorende relais af, de stroom door de elektromagneten wordt verbroken en de staven *S* vallen neer. Daardoor kan de neutronenflux in de reactor niet meer toenemen.
b) In de KEMA-reactor is geen plaats voor afzonderlijke opnemers voor de beveiliging. De schakelingen *B* betrekken daar hun signaal van de meetapparaturen *A* (met meetopnemer *D* en afleesmeter *m*); *A* is b.v. een neutronenfluxmeter, een periodemeter, een temperatuurmeter, een stromingsmeter, enz.

---

[1]) F. E. L. ten Haaf, G. Klein en F. J. Schijff, Een meet-, regel- en beveiligingsinstallatie voor een kernreactor van het bassintype, II. Nadere bespreking van enige onderdelen, Philips techn. T. **19**, 289-301, 1957, in het bijzonder blz. 297-301.

[2]) J. J. Went, De instrumentatie voor een subkritische homogene suspensiereactor, I. Motivering van de keus van een homogene suspensiereactor, Philips techn. T. **21**, 85-97, 1959 (no. 4).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

compliceerde apparatuur en moeten zeer gevoelig zijn. Deze voorwaarden nu zijn minder goed verenigbaar met de eisen die voor het beveiligen primair zijn, namelijk maximale veiligheid (zodat de beveiliging zeker werkt op het ogenblik dat ingrijpen noodzakelijk is) en redelijke betrouwbaarheid (zodat slechts zelden een defect in de beveiligingsinrichting zal optreden, die daardoor zou ingrijpen zonder dat er direct gevaar is). In het geval van de KEMA-reactor evenwel liet de zeer compacte opstelling het gebruik van afzonderlijke beveiligingsopnemers niet toe; hier moesten voor het beveiligen dus wel dezelfde opnemers (en deels ook versterkers) dienst doen als voor het meten (fig. 1*b*). De moeilijkheid werd nog vergroot doordat men aan deze reactor metingen bij zeer kleine neutronenflux wenste te doen en de meetinrichting voor deze grootheid bijzonder gevoelig en daardoor kwetsbaar was.

De aanwezigheid van gecompliceerde instrumenten in het beveiligingssysteem heeft in beginsel een geringere mate van zowel veiligheid als betrouwbaarheid tot gevolg. Nu is wegens het experimentele karakter van de KEMA-reactor een wat veelvuldiger nodeloos stopzetten — een geringere betrouwbaarheid dus — nog wel toelaatbaar. Het bezwaar van een verminderde veiligheid kon daarom door de volgende maatregelen zo goed mogelijk worden ondervangen, zij het met enige verdere opoffering van betrouwbaarheid.

1) De belangrijkste meetkanalen — tevens beveiligingskanalen — zijn dubbel uitgevoerd.
2) Er is voorzien in zowel een bovengrens- als een ondergrensbeveiliging: de aan het meetkanaal gekoppelde beveiligingsschakeling grijpt niet alleen in wanneer de desbetreffende grootheid een bepaalde waarde overschrijdt, maar ook wanneer het meetkanaal een te klein uitgangssignaal geeft (wat immers op een defect kan wijzen).

Op deze wijze is men beveiligd tegen verreweg de meeste fouten die ooit in het meetkanaal zelf kunnen optreden; een fout, zodanig dat daardoor de uitslag juist tussen de twee grenzen in zou komen te liggen, is wel zeer onwaarschijnlijk. Het systeem heeft dus toch in belangrijke mate de eigenschap van „veilig falen" („failure to safety"): vrijwel elke denkbare fout in het beveiligingssysteem doet de veiligheidsstaven vallen.

Thyratronschakeling

In de schakelingen *B* (fig. 1*b*) wordt gebruik gemaakt van een thyratron PL 5727, dat twee roosters bezit. Het schema is weergegeven in *fig. 2a*. De anodekring van het thyratron wordt gevoed met wisselspanning (frequentie 50 Hz). Het gebied van ingangsspanningen V_i waarbij het thyratron ontsteekt, reikt van —0,20 V tot —1,6 V, overeenkomend met resp. de ondergrens en de bovengrens van de opgenomen grootheid Q. Ligt V_i tussen deze grenzen in, dan laat het thyratron iedere periode een stroomstoot door. Deze stroom bekrachtigt het relais, dat daardoor zijn contact gesloten houdt; over dit contact loopt de gelijkstroom die de elektromagneten bekrachtigt, waaraan de veiligheidsstaven hangen. Wanneer Q de bovengrens bereikt ($V_i = -1{,}6$ V), dan is de spanning op het tweede rooster van het thyratron zodanig dat deze buis juist niet meer ontsteekt. Het relais valt dan af, de magneetstroom wordt verbroken en de veiligheidsstaven vallen neer. Bereikt Q de ondergrens ($V_i = -0{,}20$ V), dan zorgt een transistorschakeling voor een zodanige negatieve spanning op het eerste rooster dat het thyratron eveneens stroomloos wordt, met hetzelfde gevolg. Voor een nadere toelichting op de werking van de schakeling zij verwezen naar het onderschrift van fig. 2*a* en *b*.

De ingangsspanning V_i moet een negatieve spanning ten opzichte van aarde zijn. Daarom is in de neutronenfluxmeter die in artikel IIIB is beschreven, een aftakking op de uitgangsspanningsdeler geaard (zie fig. 2 van het artikel IIIB); de spanning tussen de negatieve klem en de aftakking dient als V_i.

Het gebruik van relais met een werkcontact — dat dus bij afvallen van het relais de magneetstroom verbreekt — is van belang voor het veilig falen. De meeste fouten in de beveiligingsschakeling die denkbaar zijn, zullen immers leiden tot een wegvallen van de stroom door de relaisspoel, dus tot stopzetten van de reactor. In dit verband is het ook belangrijk dat de relais gelijkstroomrelais zijn, die over een gelijkrichtend element (het thyratron) worden gevoed uit een wisselstroombron. Kortsluiting tussen anode en katode of tussen anode en rooster zal het relais dus doen afvallen.

Verscheidene van de bovengenoemde kenmerken vindt men ook in de beveiligingsinstallatie voor de kernreactor van de Technische Hogeschool te Delft (zie het in [1]) aangehaalde artikel). Deze schakeling is in feite een verdere ontwikkeling van de (reeds in 1955 ontworpen) schakeling voor de KEMA-reactor. De schakeling voor de Delftse reactor bezit de eigenschap van veilig falen in nog hogere mate. Door vermindering van het aantal onderdelen en vooral door het gebruik van afzonderlijke opnemers is ook de betrouwbaarheid sterk opgevoerd kunnen worden. De tijd die voor het stopzetten van de reactor nodig is, is verkort door als frequentie van de wisselspanning in de anodekring van het thyratron 2000 Hz te kiezen; bij de KEMA-reactor mag deze tijd maximaal 0,5 seconde bedragen, waarvoor een frequentie van 50 Hz hoog genoeg is.

Digitized by www.freeservicemanuals.info 2023

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Digitized by www.freeservicemanuals.info 2023

Enige maatregelen ter vergroting van de veiligheid en de betrouwbaarheid willen wij hier noemen. Het thyratron PL 5727 is een „Special Quality" buis [3]) en uit dien hoofde dus al zeer betrouwbaar. Het tweede rooster bezit twee aansluitpennen, en deze zijn beide gebruikt (fig. 2*a*), zodat de kans op een onderbroken roosterverbinding (waardoor de buis stroom zou doorlaten terwijl hij stroomloos diende te zijn) wel bijzonder klein is. De relaisspoel is gewikkeld van dun draad; het gevaar van draadbreuk door corrosie is dan ook niet denkbeeldig, maar het is tegengegaan doordat een tweede wikkeling is aangebracht (de „anticorrosiewikkeling" *w'*, fig. 2*a*), die slechts aan één zijde is aangesloten en als afscherming fungeert. Er kan daardoor geen lekstroom, die corrosie zou veroorzaken, naar de hoofdwikkeling lopen.

Gevallen waarin de beveiliging ingrijpt

Wij geven nu een korte opsomming van de gevallen waarin de beveiliging in werking komt.

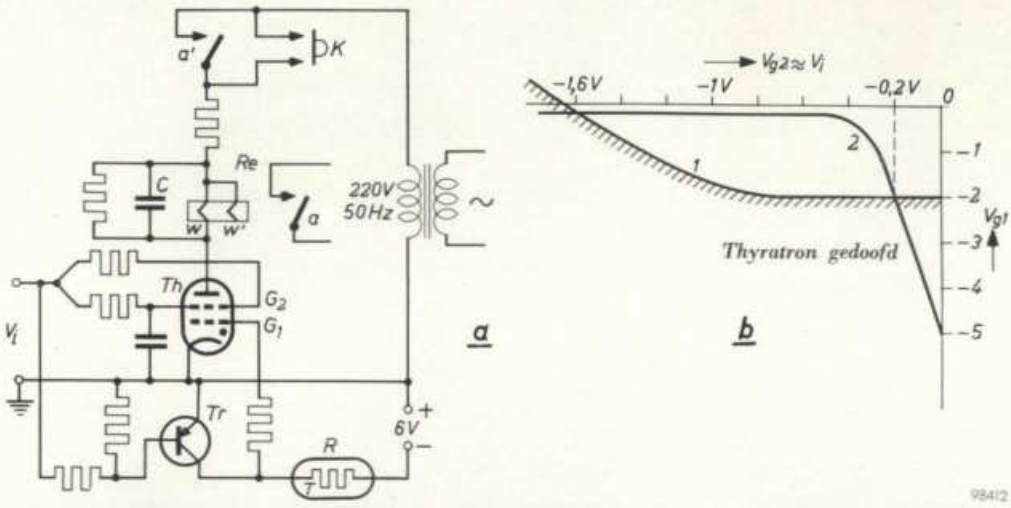


Fig. 2. *a*) Schema van elk der beveiligingsschakelingen (*B* in fig. 1) plus relais *Re* (met hoofdwikkeling *w*, anticorrosiewikkeling *w'*, contacten *a* en *a'*, en afvlakcondensator *C*). *Th* thyratron PL 5727. *K* drukcontact, parallel met het overneemcontact *a'* van *Re*. *Tr* transistor OC 71. Het gebied van ingangsspanningen V_i waarbij het thyratron kan ontsteken, reikt van —0,20 V tot —1,6 V, overeenkomend met resp. de ondergrens en de bovengrens van de opgenomen grootheid *Q*.

b) Kromme *1* geeft de combinaties van roosterspanningswaarden V_{g1}-V_{g2} waarbij het thyratron met een sinusvormige anodespanning van 220 V effectieve waarde nog juist kan ontsteken. V_{g2} is bij niet-ontstoken thyratron nagenoeg gelijk aan V_i. Kromme *2*: verband tussen V_{g1} en V_{g2} ($\approx V_i$), gegeven door de transistorschakeling.

Al naar de grootte van V_i onderscheiden we drie gevallen:

1) $V_i < -1{,}6$ V. In dit geval is de basisspanning van de transistor voldoende negatief om de transistor een grote collectorstroom I_c te doen doorlaten. Het spanningsverschil tussen emissor en collector is dan zeer klein, zodat het rooster g_1 vrijwel katodepotentiaal heeft. Blijkens kromme *1* is in dezetoestand ($V_{g1} \approx 0$, $V_{g2} < -1{,}6$ V) het thyratron stroomloos.

2) $0 > V_i > -0{,}20$ V. De basisspanning van *Tr* is nu veel minder sterk negatief dan zoeven. Dientengevolge is I_c veel kleiner, en het spanningsverlies in de weerstand *R* dus ook. Nemen we even aan dat I_c nu nul is, dan is het spanningsverlies in *R* ook nul, dus $V_{g1} = -6$ V, terwijl weer $V_{g2} \approx V_i$. Volgens kromme *1* is het thyratron ook nu stroomloos. I_c is echter niet geheel nul geworden, maar heeft nog een zekere restwaarde, en deze neemt sterk toe met de temperatuur van de transistor. V_{g1} is dus minder sterk negatief dan —6 V, bij niet te hoge temperatuur echter nog voldoende negatief om het ontsteken van het thyratron te beletten. Om het temperatuureffect te verminderen, is voor *R* een weerstand met negatieve temperatuurcoëfficiënt gebruikt.

3) $-0{,}20$ V $> V_i > -1{,}6$ V. Dit geval doet zich voor in de veilige toestand. V_{g1} en V_{g2} zijn nu zodanig dat het thyratron kan ontsteken als men de anodekring sluit door op de knop *K* te drukken. Het relais komt dan op en sluit de contacten *a* en *a'*, waarna men *K* kan loslaten zonder dat de anodekring verbroken wordt.

1) De neutronenflux is te groot. De neutronenflux wordt gemeten via twee volkomen van elkaar onafhankelijke kanalen (zie artikel IIIB), ieder met een eigen aanwijzend meetinstrument. Zodra de neutronenflux de waarde bereikt die overeenkomt met 125% van de volle uitslag, treedt de bovengrensbeveiliging in werking. Daalt de uitslag beneden 15% van de volle uitslag, dan gaat de ondergrensbeveiliging werken.

[3]) Philips techn. T. **18**, 145, 1956.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

2) De periode is te kort. Een te korte periode betekent een te snel toenemen van de neutronenflux en is dus gevaarlijk. Zoals in artikel IIIA is vermeld, wordt de periode gemeten door het signaal van de logaritmische neutronenfluxmeter te differentiëren. Ter wille van de betrouwbaarheid gebeurt wordt aangewezen door een voltmeter V (*fig. 3*), waarvan het nulpunt zich in het midden van de schaal bevindt. Deze meter is ingericht als lichtrelais [4]): bereikt de wijzer het ene of het andere uiteinde van de schaal, dan onderschept hij een lichtbundel die van een gloeilampje afkomstig is en nor-

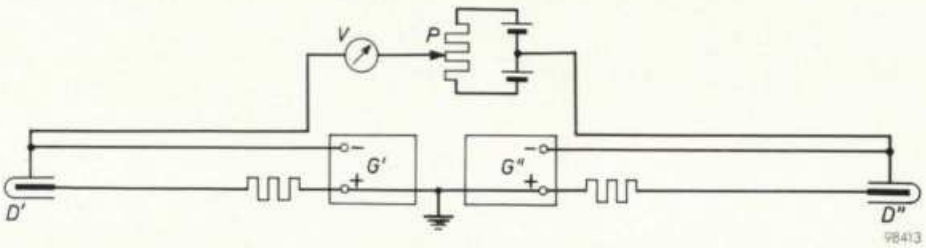


Fig. 3. Beveiliging tegen afwijkende spanning op de neutronendetectors. Er is van uitgegaan dat de kans op een gelijktijdig verlopen van de twee spanningen met een onderling verschil van minder dan enkele volts verwaarloosbaar klein is. De ene spanning doet dus dienst als referentiespanning voor de andere.
D', D'' neutronendetectors, met voedingsgelijkrichters G', G''. Het verschil tussen de spanningen aan D' en D'' (verminderd met een correctiespanning, die met de potentiometer P instelbaar is) wordt aangewezen door de voltmeter V. Deze is uitgevoerd als lichtrelais.

ook dit via twee van elkaar onafhankelijke kanalen. Elk van de kanalen werkt op een beveiligingsschakeling.

3) De spanning over de neutronendetectors wijkt af van de nominale waarde. Daalt door een of ander defect de gelijkspanning die over de neutronendetectors staat, in aanzienlijke mate (of valt ze geheel weg), dan geven de neutronenfluxmeters geen voldoende uitslag meer en komt derhalve de ondergrensbeveiliging van de neutronenflux in actie.

Men moet echter ook maatregelen nemen voor het geval dat de spanning een relatief gering bedrag van de nominale waarde afwijkt, aangezien de spanning invloed heeft op de uitslag van de neutronenfluxmeters wegens de „gasversterking" die in de neutronendetectors optreedt. Om het gebruik van zeer gevoelige en daardoor minder robuuste voltmeters te vermijden, is de volgende methode toegepast. De twee neutronendetectors hebben ieder een eigen gelijkspanningsbron, waarvan de spanningen voortdurend met elkaar worden vergeleken. Als het spanningsverschil groter wordt dan 5 V, treedt op nader te beschrijven wijze de beveiliging in werking. Hierbij is ervan uitgegaan dat de kans dat de twee spanningen tegelijk zouden verlopen met een onderling verschil van minder dan 5 V, verwaarloosbaar klein is (tenzij beide spanningen wegvallen, maar dan treedt, zoals zojuist is beschreven, de ondergrensbeveiliging in werking).

Het verschil van de beide spanningen (verminderd met een kleine instelbare correctiespanning) maal op een fototransistor valt. Wanneer deze laatste geen licht meer ontvangt, wordt de stroom die hij doorlaat, vrijwel nul. Dit doet het beveiligingssysteem werken.

4) De gemeten temperatuur wijkt af van de ingestelde. In artikel I is betoogd dat een suspensiereactor een negatieve temperatuurcoëfficiënt van de reactiviteit bezit, die zo prompt werkt dat de reactor bij het leveren van energie niet uit de hand kan lopen. De onderhavige reactor dient echter alleen voor subkritische experimenten (en levert dus geen noemenswaardig vermogen.) Voor meetdoeleinden is hij voorzien van een temperatuurregelaar, die de temperatuur in het reactorvat automatisch binnen nauwe grenzen moet houden [5]). Men kan zich voorstellen dat deze regelaar, door een defect of verkeerde bediening, op een bepaald ogenblik een temperatuurverlaging doet intreden. Wegens de negatieve temperatuurcoëfficiënt zou dit gepaard gaan met een toenemen van de neutronenflux. Hoewel er tegen te grote en tegen te snel toenemende neutronenflux reeds de genoemde maatregelen zijn genomen, is er ter meerdere veiligheid ook nog een voorziening getroffen die de beveiliging doet functioneren wanneer de temperatuur meer dan 2 °C verschilt van de temperatuur waarop de regelaar is ingesteld.

---

[4]) Zie het in [1]) aangehaalde artikel, blz. 296.
[5]) B. L. A. van der Schee en M. van Tol, De instrumentatie voor een subkritische homogene suspensiereactor, II. Meting en regeling van werkparameters, Philips techn. T. **21**, 98-111, 1959 (no. 4).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

5) De suspensie stroomt te langzaam. Niet snel genoeg stromen van de suspensie kan oorzaak zijn van een onvoldoend homogene verdeling van de splijtstofdeeltjes in het water. Er ontstaan dan splijtstofconcentraties, die gevaarlijk zouden kunnen worden. Een stroomsnelheidsmeter [5]) levert een signaal dat bij te langzame stroming de beveiliging doet werken.

6) De netspanning valt weg. Indien de netspanning wegvalt, verdwijnt de anodewisselspanning van de thyratrons. Alle beveiligingsrelais vallen dan af en ook nu worden de magneetstromen dus verbroken.

Indicatie van de stand der veiligheidsstaven

Daar de veiligheidsstaven zelf niet zichtbaar zijn, moet op de een of andere wijze geïndiceerd worden of ze nog aan de elektromagneten hangen dan wel neergevallen zijn. Deze indicatie wordt bij de KEMA-reactor op de volgende wijze verkregen. Gebruik wordt gemaakt van het feit dat de magneetspoelen een grotere zelfinductie hebben wanneer het magnetische circuit door de eraan hangende staaf is gesloten, dan wanneer bij neergevallen staaf het circuit open is. Iedere spoel is overbrugd door een condensator (*fig. 4*) van zodanige capaciteit dat de kring in resonantie is met de rimpelfrequentie (50 Hz) van de voedingsgelijkrichter wanneer de staven niet aan de elektromagneten hangen. In dit geval is de rimpelspanning over de spoel het grootst. Via kleine koppelcondensatoren is een voltmeter aangesloten, die in het resonantiegeval volle uitslag geeft. Hangen de staven wèl aan de magneten, dan is de rimpelspanning zoveel lager dan bij resonantie dat de meter nu ca. 50% van de volle uitslag geeft. Men heeft dus de volgende gevallen:

Meteruitslag 50% . . De veiligheidsstaven hangen aan de magneten. De toestand is normaal.

Meteruitslag 0 . . . . Geen rimpelspanning over de spoelen. De beveiliging heeft dus gewerkt, de staven zijn neergevallen.

Meteruitslag 100% . . De elektromagneten zijn weer bekrachtigd, maar de staven hangen er nog niet aan.

Hieraan is dus in één oogopslag te zien, in welke toestand de veiligheidsstaven verkeren. Zijn ze neergevallen, dan wijst een signaallampje (zie fig. 4 van het artikel IIIB) aan, welke beveiliging het eerst heeft gewerkt.

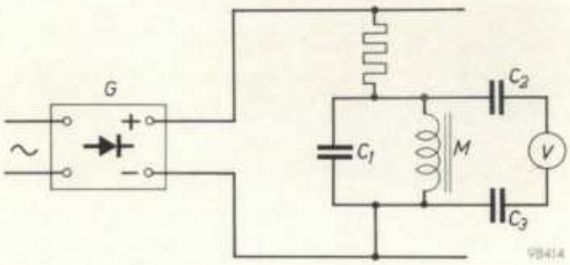


Fig. 4. Schakeling voor het indiceren van de positie der veiligheidsstaven. M elektromagneet. C_1 parallelcondensator, die de kring M-C_1 doet resoneren op de rimpelfrequentie van de voedingsgelijkrichter G wanneer de veiligheidsstaaf niet aan de magneet M hangt. V voltmeter. C_2, C_3 koppelcondensatoren.

Samenvatting. De subkritische suspensiereactor van de KEMA is voorzien van drie veiligheidsstaven van boriumcarbide, die aan elektromagneten hangen, waarvan de bekrachtigingsstroom over een aantal relaiscontacten in serie loopt. Valt één van de relais af, dan vallen de staven neer, waardoor de reactor stopgezet wordt. Elk van de relais ontvangt zijn bekrachtigingsstroom over een thyratron, dat alleen kan ontsteken indien zijn ingangsspanning V_i ligt tussen —0,20 en —1,6 V, overeenkomend met resp. de onder- en de bovengrens van de grootheden waarop het beveiligingssysteem moet reageren (neutronenflux, periode, temperatuur, stromingssnelheid van de suspensie, enz.). V_i wordt hier ontleend aan de meetapparatuur voor deze grootheden. Maatregelen zijn genomen voor „veilig falen".

Digitized by www.freeservicemanuals.info 2023

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Digitized by www.freeservicemanuals.info 2023

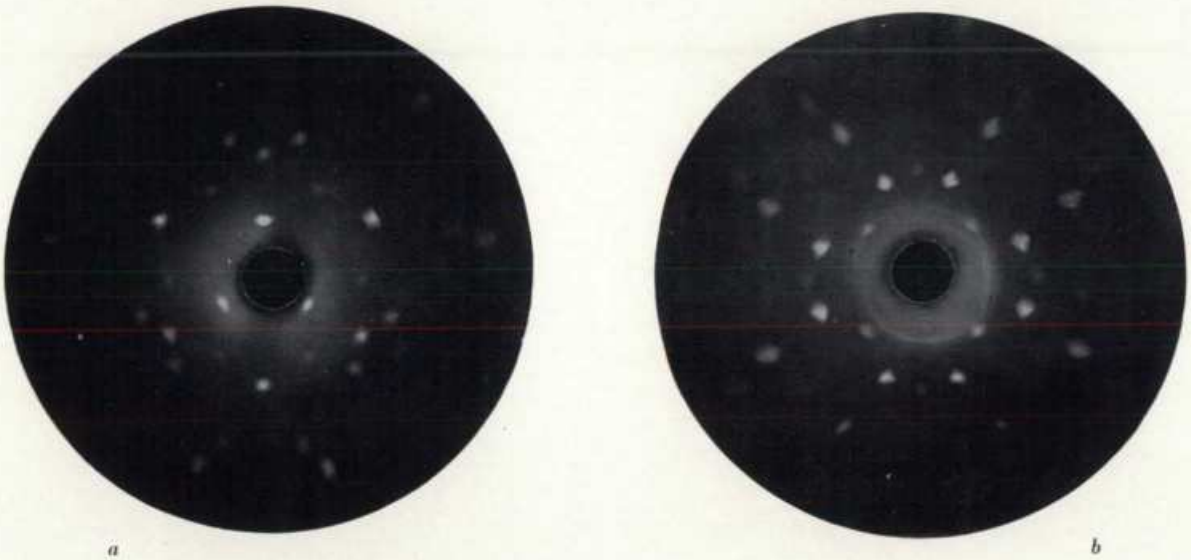
HET RICHTEN VAN DIAMANTEN VOOR GEREEDSCHAP MET BEHULP VAN DE RÖNTGENBEELDVERSTERKER

621.9.027.2:621.386.8

Diamanten worden tegenwoordig op grote schaal toegepast in de metaalindustrie. Door zijn uitzonderlijk grote hardheid is diamant bij uitstek geschikt voor gebruik in snij-, boor- en polijstgereedschap en als treksteen. De grote vraag naar diamant voor toepassing in de industrie en de grote zeldzaamheid van dit mineraal hebben er enerzijds toe geleid dat men reeds gesloten mijnen de laatste jaren weer geopend heeft, en hebben anderzijds de stoot gegeven tot allerlei wetenschappelijk en technisch onderzoek, in verband met de vraag hoe men de beschikbare stenen zo zuinig en efficiënt mogelijk kan gebruiken [1]).

Het is bij dit onderzoek o.a. gebleken dat de levensduur van een gereedschapsdiamant het grootst is als men de steen in het gereedschap een zeer bepaalde oriëntatie geeft. Zoals gewoonlijk bij een monokristal, zijn de fysische eigenschappen ervan nl. niet in alle richtingen dezelfde. Zo is b.v. de slijtvastheid van diamant sterk anisotroop. Door de steen nu zo te plaatsen dat de richting waarin het werkstuk zich langs het gereedschap beweegt, samenvalt met de richting waarin de diamant de grootste slijtvastheid vertoont, kan men de slijtage tot de kleinst mogelijke beperken. Soms ook wordt de levensduur van een bepaald gereedschap niet het meest bedreigd door de slijtage maar door breuk. In dat geval is weer een andere oriëntatie de gunstigste.

De richtingen waarin de fysische eigenschappen van een monokristal hun grootste of kleinste waarde vertonen, hangen natuurlijk samen met de bouw van het kristalrooster. Ten einde een diamant te kunnen richten, dient men dus te weten hoe dit rooster in de ruimte is georiënteerd. Bij sommige diamanten kan men dit aan het uiterlijk zien; deze stenen kunnen meestal met voldoende nauwkeurigheid worden gericht zonder gebruik van bijzondere hulpmiddelen. Voor het richten van de andere kan men zich het beste bedienen van de methode der röntgendiffractie. Zoals bekend, is het mogelijk de stand van een kristalrooster in de ruimte te vinden door een nauwe evenwijdige bundel röntgenstralen op het kristal te doen vallen en te onderzoeken in welke richtingen deze bundel wordt afgebogen. Het stippenpatroon dat de afgebogen bundels op een fotografische plaat of film doen ontstaan, is het welbekende Laue-diagram. Met behulp van dit diagram is het in principe zeer eenvoudig om de symmetrieassen van een kristal te vinden; is een as van n-tallige symmetrie evenwijdig met de röntgenbundel, dan vertoont ook het stippenpatroon een n-tallige symmetrie (*fig. 1*).



a *b*

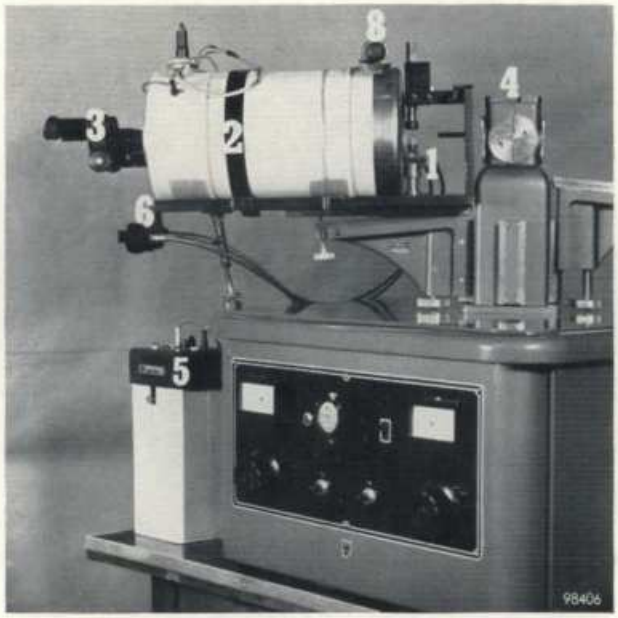
Fig. 1. Laue-diagram van diamant, waarbij de röntgenbundel evenwijdig was met een der symmetrieassen.
a) Bundel evenwijdig met drietallige as, *b*) bundel evenwijdig met viertallige as.

[1]) Zie b.v. L. Schultink, H. L. Spier en A. J. van der Wagt, De slijtage van diamanten trekstenen, Philips techn. T. **16**, 87-94, 1954.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Digitized by www.freeservicemanuals.info 2023



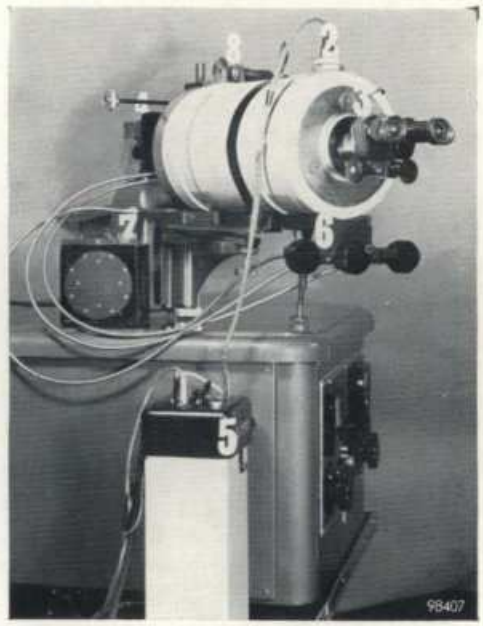


Fig. 2. Opstelling voor het richten van diamanten waarbij men het Laue-diagram bekijkt met behulp van een röntgenbeeldversterker. *1* goniometerkop waarop de diamant geplaatst wordt, *2* röntgenbeeldversterker, *3* binoculaire kijker waarmee het versterkte röntgenbeeld kan worden bekeken (dit beeld is nl. 9× zo klein als het op het röntgenscherm vallende Laue-diagram), *4* röntgenbuis, *5* hoogspanningsgenerator (25 kV) voor het voeden van de beeldversterkerbuis, *6* knoppen waarmee de goniometerkop door de waarnemer bediend kan worden, *7* lichtbakje waarop de waarnemer het vereiste buigingspatroon kan zien; hij zoekt die stand van de diamant op waarbij het beeld dat hij in de kijker waarneemt, overeenkomt met dat op de lichtbak; *8* signaallampje (dit brandt wanneer de röntgenbuis werkt).

De afgebogen bundels zijn zo zwak dat men een Laue-diagram niet direct zichtbaar kan maken door de straling op een fluorescerend scherm te laten vallen. Dit maakte tot voor kort het richten van een diamant met behulp van röntgendiffractie — in vergelijking met andere methodes verreweg de nauwkeurigste — tot een tijdrovende bezigheid; men kon na iedere verandering van de stand van de steen slechts via een fotografische opname te weten komen of men de gewenste stand dichter genaderd was. Dit nadeel van de röntgendiffractiemethode is vervallen sinds de komst van de röntgenbeeldversterker [2]). Deze maakt het mogelijk het stippenpatroon visueel waar te nemen. Het richten van diamanten is thans een handeling die slechts enkele minuten vergt en die door iedereen in een halve dag geleerd kan worden.

Fig. 2 toont een opstelling voor het richten van diamanten op de juist beschreven wijze. De diamant wordt bevestigd op een goniometerkop, die op afstand bediend kan worden door de waarnemer die zich achter de beeldversterker bevindt. Deze waarnemer verandert de stand van de steen tot hij het gewenste stippenpatroon ziet verschijnen. Daar het vrijwel steeds mogelijk is de diamant reeds ongeveer in de juiste positie op de goniometerkop te plaatsen, is de beschreven operatie, zoals gezegd, vrij eenvoudig en snel uitvoerbaar. Het overbrengen van de aldus gerichte diamant naar de houder waarin deze gevat moet worden, vereist uiteraard ook een speciale techniek. Een dergelijke techniek werd o.a. ontwikkeld in het Diamond Research Laboratory te Johannesburg (Zuid-Afrika), alwaar zich ook de opstelling van fig. 2 bevindt [3]). Een soortgelijke richtapparatuur werd enkele jaren geleden te Eindhoven gebouwd [4]).

J. F. H. CUSTERS *) en A. J. van der WAGT.

[2]) Zie b.v. M. C. Teves en T. Tol, Philips techn. T. **14**, 65-75, 1952, en M. C. Teves e.a., Philips techn. T. **17**, 65-94, 1955.

[3]) J. F. H. Custers, The orientation of diamonds for tools by means of an X-ray image intensifier tube, ASTE (Amer. Soc. Tool Engrs.) techn. Paper no. **104**, Coll. Papers **58**, Book I (1958). R. G. Weavind, C. J. Guykers en A. R. Roy, A rapid method of setting oriented diamonds in tools, ibidem paper no. **103**.

[4]) Zie blz. 91 van het in [1]) aangehaalde artikel.

*) Diamond Research Laboratory, Johannesburg, Zuid-Afrika.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Digitized by www.freeservicemanuals.info 2023

OVERZICHT VAN RECENTE WETENSCHAPPELIJKE PUBLIKATIES DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

Van deze publikaties, voor zover niet met een sterretje * gemerkt, verstrekt de Administratie van Philips' Natuurkundig Laboratorium, Eindhoven, op aanvrage overdrukken.

2607: P. J. W. Jochems, O. W. Memeling en L. J. Tummers: Construction and electrical properties of a germanium alloy-diffused transistor (Proc. Inst. Rad. Engrs. **46**, 1161-1165, 1958, no. 6).

Na een korte beschrijving van de vervaardiging van transistors voor hoge frequenties (100-200 MHz) volgens een gecombineerd legerings- en diffusieproces, wordt voor deze transistors een vervangschema opgesteld dat zo is gekozen dat de waarden der netwerkelementen op overzichtelijke wijze samenhangen met de fysische werking van de transistor (fysisch vervangschema). Deze samenhang wordt besproken. Uitgebreide metingen aan een aantal transistors bevestigden de geldigheid van het schema — dat een T-schema is — tot frequenties van op zijn minst 25 MHz. Er wordt ook een Π-schema besproken. De netwerkelementen hiervan worden uitgedrukt in de elementen van het T-schema.

2608: G. H. Jonker: Ferrimagnetic iron oxide compounds with hexagonal crystal structures (XVIe Congrès int. Chim. pure et appl., Parijs 18-24 juli 1957, Sect. Chim. min., Birkhäuser Verlag, Bazel 1958, blz. 117-123).

Kort overzicht van de ontdekking en van het daaropvolgende systematische chemische en kristallografische onderzoek van de ferrimagnetische verbindingen met hexagonale kristalstructuur uit het ternaire systeem $BaO\text{-}MeO\text{-}Fe_2O_3$, waarin Me een tweewaardig metaal met kleine atoomradius voorstelt. Zie ook Philips techn. T. **18**, 153-262, 1956.

2609-2616: Acht voordrachten die gehoudenwerden op het internationale colloquium te Garmisch-Partenkirchen 1956. Gepubliceerd als boek: Halbleiter und Phosphore, redactie M. Schön en H. Welker, uitgever Vieweg, Brunswijk 1958. We vermelden hieronder bij elk artikel alleen de bladzijdenummers in dit boek.

2609: F. A. Kröger en H. J. Vink: The incorporation of foreign atoms in crystalline solids (blz. 17-34; zie **2609-2616**).

Behandeling van het probleem hoe de concentraties der verschillende onvolkomenheden die in kristallen kunnen optreden, elkaar beïnvloeden en hoe ze samenhangen met de samenstelling van de omgevingsatmosfeer. Beschouwd worden onvolkomenheden die reeds in een chemisch geheel zuiver kristal kunnen optreden, en onvolkomenheden veroorzaakt door vreemde atomen. De wijze waarop vreemde atomen in het kristalrooster zijn opgenomen, heeft invloed op de eigenschappen van het kristal. Dit wordt met voorbeelden toegelicht. Het artikel bevat een voorstel voor een nieuwe nomenclatuur voor centra in kristallen.

2610: H. A. Klasens: Elektrolumineszenz von suspendierten Sulfidphosphoren (blz. 247-262; zie **2609-2616**).

Vele sulfidefosforen die als korrels in een geschikt gekozen bindmiddel zijn gesuspendeerd, fluoresceren onder invloed van een elektrisch wisselveld. Dit verschijnsel noemt men elektroluminescentie (Destriau-effect). In dit artikel wordt een schets gegeven van een mechanisme dat de waargenomen verschijnselen op bevredigende wijze verklaart. Zie ook Philips techn. T. **18**, 357-367, 1956.

2611: W. Hoogenstraaten: Der nicht-elektronische Energietransport in Phosphoren (blz. 285-305; zie **2609-2616**).

Er zijn fosforen die slechts kunnen fluoresceren als zij, behalve de centra die het fluorescentielicht uitzenden (de activatorcentra), andere centra (de sensibilisatorcentra) bevatten, die de uitgestraalde energie absorberen en deze doorgeven naar de activatorcentra. Voor het energietransport van de sensibilisators naar de activators zijn verschillende mechanismen voorgesteld. Uit een kritisch onderzoek blijkt dat slechts twee ervan niet in tegenspraak zijn met wat kwalitatief over het gedrag der fosforen bekend is, nl. transport door metastabiele excitonen van het moederrooster, en overdracht door resonantie tussen de twee soorten centra. De quantummechanische theorie van resonantie bij wisselwerking tussen dipolen, of tussen een dipool en een quadrupool, en bij plaatsruilwisselwerking wordt vrij uitvoerig besproken. Vervolgens wordt onderzocht in hoeverre de twee genoemde transportmechanismen een verklaring kunnen geven van het waargenomen verband tussen de concentraties van sensibilisatoren activatorcentra en de verhouding tussen de hoeveelheden fluorescentielicht die rechtstreeks door de sensibilisator- en via de activatorcentra worden uitgezonden. Het blijkt dan dat energietransport

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Digitized by www.freeservicemanuals.info 2023

door resonantie tussen sensibilisator- en activatorcentra, rechtstreeks of ook via andere sensibilisatorcentra, het waarschijnlijkste mechanisme is. Ten slotte wordt de sensibilisatie door het moederrooster zelf kort behandeld.

2612: J. S. van Wieringen: Paramagnetic resonance in single crystals of SiC doped with N, P, B or Al (blz. 367-370; zie **2609-2616**).

In het kader van het onderzoek van SiC-kristallen met een beheerst gehalte aan bepaalde verontreinigingen (vgl. no. **2614** en **2615** van deze overzichten) werd ook de paramagnetische resonantie van deze kristallen onderzocht. Dit onderzoek vond plaats in een apparatuur voor 3-cm-golven bij de temperatuur van vloeibare stikstof. Bij alle onderzochte monsters werd een paramagnetische resonantie gevonden; deze was voor kristallen van type p of n resp. afkomstig van elektronen, gebonden aan donorcentra, en van gaten, gebonden aan acceptorcentra. Het blijkt dat de donorcentra dicht bij één of meer stikstofatomen liggen; deze centra zijn „isotroop" (de oriëntatie van het kristal ten opzichte van het magneetveld heeft geen invloed op de resonantie). De acceptorcentra daarentegen zijn „anisotroop".

2613: P. Penning: Generation of imperfections by thermal stress (blz. 482-485; zie **2609-2616**).

Een niet-homogene temperatuurgradiënt in een kristal veroorzaakt thermische spanningen, die aanleiding kunnen geven tot plastische deformatie, wat gepaard gaat met de vorming van dislocaties. Dit is bestudeerd aan grote eenkristallen van germanium in de vorm van ronde staven waarvan de assen de ⟨111⟩-richting hadden. Zaagt men zo'n staaf door, en polijst en etst men de doorsnede, dan worden de dislocaties zichtbaar als etsputten waarvan men aantal en verdeling onder de microscoop kan bestuderen. Dit artikel gaat in het bijzonder in op de invloed van een niet-homogene axiale temperatuurgradiënt. Zie ook Philips techn. T. **19**, 375-382, 1957 (no. 12).

2614: J. A. Lely en F. A. Kröger: Optical properties of pure and doped SiC (blz. 514-524; zie **2609-2616**).

Metingen betreffende de absorptie van zichtbare en infrarode straling door zuivere SiC-kristallen en door SiC met N of Al in het rooster. Hexagonaal SiC vertoont een absorptiekant bij 4000 Å, kubisch SiC bij 4400 Å. Door opneming van N in het kristalrooster ontstaan absorptiebanden in het blauw en in het rood, waardoor de kristallen groen doorschijnen. Aluminium in het kristalrooster veroorzaakt absorptiebanden in het groen en in het rood; de kristallen zijn dan blauw in doorvallend licht. Fluorescentie blijkt op te treden in verscheidene golflengtegebieden. Sterke absorptiebanden bestaan in het golflengtegebied van 6 tot 13 μ (infrarood). Uit een analyse van het reflexiespectrum van infrarode straling blijkt dat de golfgetallen van de transversale en de longitudinale roostertrillingen van de optische tak resp. 800 en 975 cm^{-1} bedragen.

2615: J. A. Lely en F. A. Kröger: Electrical properties of hexagonal SiC doped with N, B or Al (blz. 525-533; zie **2609-2616**).

Verslag van elektrische metingen aan SiC-kristallen die op beheerste wijze waren verontreinigd met N, B of Al. Uit de metingen (Hall-effect en elektrisch geleidingsvermogen) wordt het volgende afgeleid: 1) N levert donorniveaus 0,06-0,085 eV beneden de geleidingsband; 2) Al en B leveren acceptorniveaus 0,275 eV boven de valentieband; 3) door verstrooiing aan het rooster neemt de beweeglijkheid van de ladingdragers af als de temperatuur toeneemt; deze beweeglijkheid is namelijk evenredig met T^{-b}, waarin $b = 1{,}5$ tot 1,8 voor elektronen en $b = 2{,}2$ tot 3,0 voor gaten; 4) de effectieve massa van elektronen in de geleidingsband is ongeveer 0,6 $\times$ de massa van een elektron. Uit de verhouding der beweeglijkheden van elektronen en gaten werd voor gaten in de valentieband de effectieve massa geschat op 1,2$\times$ de massa van een elektron.

2616: W. van Gool: Fluoreszenz und Photoleitfähigkeit in Zink-Kadmium-Sulfiden aktiviert mit Silber (blz. 602-609; zie **2609-2616**).

Zie no. **R 341** van deze overzichten.

2617: P. Penning: Coefficient for self-diffusion determined from the rate of precipitation of Cu in Ge (Phys. Rev. **110**, 586-587, 1958, no. 2).

Met de onderstelling dat zelfdiffusie van Cu in germanium geschiedt via vacatures, leidt de auteur af hoe de precipitatiesnelheid van Cu samenhangt met de coëfficiënt van zelfdiffusie van germanium, de temperatuur, en de dichtheid der dislocaties in het germanium. Hij berekent vervolgens deze coëfficiënt van zelfdiffussie, uitgaande van metingen van Tweet over de precipitatie van Cu. De uitkomst klopt met de rechtstreekse meting van Letaw, die gebruik maakte van radioactief germanium. De overeenkomst steunt de onderstellingen dat de zelfdiffusie via vacatures geschiedt en dat men de concentratie van dislocaties die vacatures kunnen opnemen, kan bepalen door het tellen van etsputten.

2618: J. S. C. Wessels: Studies on photosynthetic phosphorylation, II. Photosynthetic phos-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

phorylation under aerobic conditions (Biochim. biophys. Acta **29**, 113-123, 1958, no. 1).

Onderzoek van een detail van het bij fotosynthese in planten betrokken mechanisme, nl. van de fotochemische verestering van anorganisch fosfaat tot adenosinetrifosfaat in chloroplasten (fotosynthetische fosforilering). De reactie heeft plaats als vitamine K_3 of flavinemononucleotide aanwezig is. Een vorig artikel (zie no. **2509** van deze overzichten) betrof het verloop van deze fosforilering onder anaërobe omstandigheden (d.w.z. in een atmosfeer zonder zuurstof, in dit geval een stikstofatmosfeer); thans is het verloop onder aërobe omstandigheden (d.w.z. in een atmosfeer van normale lucht) onderzocht. In tegenstelling met wat onder anaërobe omstandigheden werd gevonden, blijkt dat het onder aërobe omstandigheden geen verschil maakt of vitamine K_3 dan wel flavinemononucleotide aanwezig is. De auteur stelt een voorlopig schema op voor de vorming van het adenosinetrifosfaat in chloroplasten en bespreekt aan de hand daarvan de waargenomen invloed van bepaalde remstoffen.

2619: R. Dijkstra en J. de Jonge: The chemical effect of light on sodium p-methoxybenzenediazosulphonate (Rec. Trav. chim. Pays-Bas **77**, 538-554, 1958, no. 6).

Uit kinetische metingen wordt afgeleid dat het sulfonaat-ion in een waterige oplossing van p-methoxybenzeendiazosulfonaat onder de invloed van ultraviolette straling dissocieert in een p-methoxybenzeendiazonium-ion en een sulfiet-ion. In het donker recombineren de aldus fotochemisch gevormde ionen langzaam, zodat men de oorspronkelijke sulfonaationen terugkrijgt. Het reactieschema is:

$$CH_3O.C_6H_4.N=N-SO_3^- \underset{\text{UV}}{\overset{\text{donker}}{\rightleftarrows}} CH_3O.C_6H_4.N_2^+ + SO_3^{2-}.$$

Er werden geen aanwijzingen gevonden voor het optreden van een labiele vorm van het diazosulfonaat.

A 4: K. Jost en G. Schiefer: Die Auswertung von Vierpol- und Materialmessungen mit dem logarithmischen Leitungsdiagram (Arch. elektr. Übertr. **12**, 295-300, 1958, no. 7).

De complexe diëlektrische constante ε en de complexe permeabiliteit μ van een materiaal worden dikwijls bepaald door middel van metingen aan een coaxiale leiding die vanaf één zijner uiteinden over een zekere lengte met het materiaal is opgevuld. Het kost echter veel rekenwerk om de gezochte grootheden uit de metingen af te leiden. In dit artikel wordt beschreven hoe men door gebruik te maken van logarithmische diagrammen, het rekenwerk grotendeels kan vervangen door eenvoudige meetkundige constructies.

A 5: E. Kauer en A. Rabenau: Zur Kenntnis des Halbleiterverhaltens der Chalkogenide des Aluminiums, Galliums und Indiums (Z. Naturf. **13a**, 531-536, 1958, no. 7).

Optische metingen bevestigen dat verbindingen die beantwoorden aan de chemische formule $A_2^{III}B_3^{VI}$, waarin A^{III} één der driewaardige elementen Al, Ga of In voorstelt en B^{VI} één der zeswaardige elementen O, S, Se of Te (de zg. chalkogenen, die in dezelfde kolom van het periodieke systeem staan) het karakter van halfgeleiders vertonen. Uit de metingen zijn de bandafstanden en de temperatuurcoëfficiënten hiervan bepaald. Deze gegevens worden vergeleken met die welke door andere auteurs zijn vermeld. De bandafstand is groter naarmate in het periodieke systeem de rangnummers der periodes waarin de samenstellende elementen voorkomen, lager zijn, en tevens naarmate de binding meer ionogeen van karakter wordt. Dit komt overeen met de bekende wetmatigheden van de chemische binding welke, bij de hier genoemde verbindingen, vrijwel niet blijken te worden beïnvloed door de kristalstructuur.

Rectificatie.

In het overzicht van publikatie no. **2580** (Philips techn. T. **20**, 376, 1958, no. 12) leze men in de tijdschriftvermelding „Radio" in plaats van „Electr.".

Digitized by www.freeservicemanuals.info 2023

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!